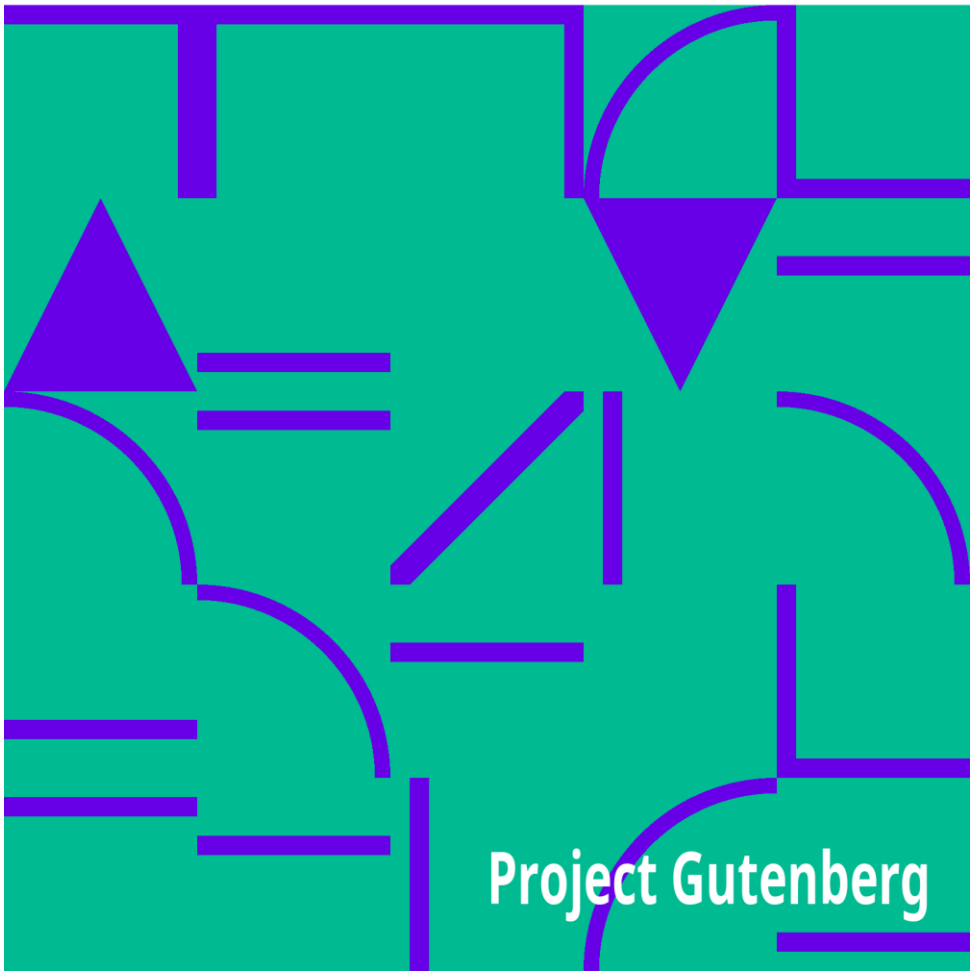
Научно-популярные лекции

Эрнст Мах

Popular scientific lectures

Ernst Mach



Электронная книга научно-популярных лекций проекта "Гутенберг"

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: Научно-популярные лекции

Автор: Эрнст Мах

Переводчик: Томас Дж. МаКкормак

Дата выхода: 22 апреля 2012 г. [Электронная книга № 39508]
Последнее обновление: 25 января 2021 г.

Язык: Английский

Титры: Подготовлено Анной Холл, Альбертом Ласло и командой онлайн- распространяемой корректуры по адресу http://www.pgdp.net (Этот файл создан на основе изображений, щедро предоставленных интернет-архивом)

*** ЗАПУСК ПРОЕКТА "ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА ГУТЕНБЕРГА" С НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫМИ ЛЕКЦИЯМИ ***

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЛЕКЦИИ.

АВТОР ТОТ ЖЕ АВТОР.

Наука о механике. Переведено со второго немецкого издания Т. Дж. Маккормаком. 250 вырезок и иллюстраций. 534 Страницы. Половина сафьяна, позолоченный верх. Цена, $2.50.

Вклад в анализ ощущений. Переведено К. М. Уильямсом. С примечаниями и новыми дополнениями автора. 200 страниц. 36 сокращений. Цена 1,00 доллара.

Научно-популярные лекции. Перевод Т. Дж. Маккормака. Третье исправленное и дополненное издание. 411 страниц. 59 сокращений. Ткань - 1,50 доллара; Бумага - 50 центов.

ИЗДАТЕЛЬСТВО OPEN COURT PUBLISHING CO.,
ул. ДИРБОРН, 324, ЧИКАГО.

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЛЕКЦИИ

ЭРНСТ МАХ

РАНЕЕ ПРОФЕССОР ФИЗИКИ В ПРАЖСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ, НЫНЕ ПРОФЕССОР ИСТОРИИ И ТЕОРИИ ИНДУКТИВНЫХ НАУК В ВЕНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

ПЕРЕВОД ТОМАСА Дж . Маккормака

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ, ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

С ПЯТЬЮДЕСЯТЬЮ ДЕВЯТЬЮ РАЗРЕЗАМИ И ДИАГРАММАМИ

ЧИКАГСКАЯ
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОМПАНИЯ " ОТКРЫТЫЙ СУД"

ПРОДАЕТСЯ
Кеганом Полом, Trench, Truebner & Co., ЛОНДОН,
1898

Авторские права

Издательством Open Court Publishing Co.

Страницы 1-258 в 1894 году.
Страницы 338-374 в 1894 году.
Страницы 259-281 в 1896 году.
Страницы 282-308 в 1897 году.
Страницы 309-337 в 1898 году.

АВТОРСКОЕ ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ.

Популярные лекции, благодаря знаниям, которые они предполагают, и времени, которое они занимают, могут дать лишь *толику* поучений. Они должны выбирать для этой цели легкие темы и ограничиваться изложением самых простых и существенных моментов. Тем не менее, при соответствующем выборе материала они могут передать *очарование* и *поэзию* исследования.

Необходимо лишь указать на привлекательные и заманчивые черты проблемы и показать, какие широкие области фактов могут быть освещены светом, исходящим от решения одной-единственной и часто незаметной точки.

Более того, такие лекции могут оказывать благоприятное влияние, демонстрируя существенное сходство научной и повседневной мысли. Таким образом, публика теряет свою застенчивостьпо отношению к научным вопросам и приобретает интерес к научной работе, что является большим подспорьем для исследователя. Последнему, в свою очередь, дают понять, что его работа - лишь малая часть универсального процесса жизни, и что результаты его трудов должны приносить пользу не только ему и нескольким его товарищам, но и коллективу в целом.

Я искренне надеюсь, что эти лекции в настоящем превосходном переводе принесут пользу в указанном направлении.

E. Mach.

Прага, декабрь 1894 года.

ПРИМЕЧАНИЕ ПЕРЕВОДЧИКА К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ.

Настоящее третье издание этой работы дополнено новой лекцией "О некоторых явлениях, сопровождающих полет снарядов". Дополнения ко второму изданию состояли из следующих четырех лекций и статей: венской вступительной лекции профессора Маха "Роль случайности в изобретениях и открытиях", лекции об "Ощущениях ориентации", прочитанной недавно и подводящей итоги важного психологического исследования, и двух исторических статей (см. Приложение) об акустике и зрении.

Лекции рассчитаны на длительный период, с 1864 по 1898 год, и сильно различаются по стилю, содержанию и цели. Впервые они были опубликованы в виде сборника на английском языке; впоследствии потребовались два издания на немецком.

Поскольку даты первых пяти лекций в сносках не указаны, они прилагаются здесь. Первая лекция "О формах жидкостей" была прочитана в 1868 году и опубликована вместе с "О симметрии" в 1872 году (Прага). Вторая и третья лекции по акустике были впервые опубликованы в 1865 году (Грац); четвертая и пятая по оптике - в 1867 году (Грац). Они относятся к самому раннему периоду научной деятельности профессора Маха и вместе с лекциями по электростатике и образованию с лихвой оправдают надежду, выраженную в Предисловии автора.

Восьмая, девятая, десятая, одиннадцатая и двенадцатая лекции носят более философский характер и касаются главным образом методов и природы научного исследования. В идеях, обобщенных в них, можно найти один из наиболее важных вкладов в теорию познания, сделанный за последнюю четверть века. Также представлены важные намеки на психологический метод и образцовые исследования образцов в психологии и физике; в то время как в физике многие идеи находят свое первое обсуждение, которое впоследствии, под

другими названиями и другим авторством, стало лозунгом сплочения в этом исследовательском отделе.

Все корректуры этого перевода были прочитаны самим профессором Махом.

Ти Джей Маккормак.

Ла Саль, Иллинойс, май 1898г.

Содержание.

- Страница
- Формы жидкостей 1
- Волокна Корти17
- О причинах Гармонии32
- Скорость света48
- Почему у человека два глаза? 66
- О симметрии89
- Об основных понятиях электростатики107
- О принципе сохранения энергии137
- Об экономической природе физического исследования186
- О трансформации и адаптации в научной мысли214
- О принципе сравнения в физике 236
- О роли случайности в изобретениях и открытиях259
- Об ощущениях ориентации282
- О некоторых явлениях , сопровождающих полет снарядов309
- Об обучении классическим и математико-физическим наукам338
- Приложения.
  - Вклад в историю акустики375
  - Замечания по теории пространственного зрения386
- Индекс393

ФОРМЫ ЖИДКОСТЕЙ.

Как ты думаешь, дорогой Евтифрон, что святое - это праведное и доброе? Святое ли свято, потому что боги любят его, или боги святы, потому что они любят святое? Такими простыми вопросами мудрый Сократ сделал рыночную площадь Афин небезопасной и освободил

самонадеянных молодых государственных деятелей от бремени воображаемых знаний, показав им, насколько запутанными, неясными и внутренне противоречивыми были их идеи.

Вы знаете судьбу назойливого вопрошающего. Так называемое хорошее общество избегало его на прогулке. Его сопровождали только невежды. И, наконец, он выпил чашу болиголова — многое, чего мы часто желаем современным критикам его марки.

Однако то, чему мы научились у Сократа, — наше наследие от него, - это научная критика. Каждый, кто занимается наукой, осознает, насколько неустойчивы и неопределенны понятия, которые он принес с собой из обычной жизни, и как при тщательномрассмотрении вещей стираются старые различия и вводятся новые. История науки полна примеров такого постоянного изменения, развития и прояснения идей.

Но мы не будем задерживаться на этом общем рассмотрении изменчивого характера идей, который становится источником настоящего дискомфорта, когда мы размышляем о том, что это применимо почти ко всем представлениям о жизни. Скорее, мы пронаблюдаем на физическом примере, как сильно меняется вещь при внимательном рассмотрении и как при таком рассмотрении она приобретает все большую определенность формы.

Возможно, большинство из вас думает, что вы достаточно хорошо знаете разницу между жидкостью и твердым веществом. И именно люди, которые никогда не занимались физикой, сочтут этот вопрос одним из самых простых, которые можно поставить. Но физик знает, что это один из самых сложных. Я упомяну здесь только эксперименты Трески, которые показывают, что твердые вещества, подвергнутые воздействию высоких давлений, ведут себя точно так же, как жидкости; например, их можно заставить вытекать в виде струй из отверстий в днищах сосудов. Таким образом, показано, что предполагаемое различие в виде жидкостей и твердых тел является простым различием в степени.

Распространенный вывод о том, что, поскольку земля имеет сплюснутую форму, изначально она была жидкой, является ошибочным в свете этих фактов. Правда, вращающаяся сфера диаметром в несколько дюймов примет сплюснутую форму только в том случае, если она очень мягкая, например, состоит из свежеразмешанной глины или какого-нибудь вязкого материала. Но земля, даже если бы она состояла из самого твердого камня, не могла не быть раздавлена своим огромным весом и волей-неволей должна была вести себя как жидкость. Даже наши горы не могли простираться выше определенной высоты, не обрушившись. *Возможно,* когда-то земля была текучей, но это никоим образом не следует из ее сплюснутости.

Частицы жидкости смещаются при приложении малейшего давления; жидкость в точности соответствует форме сосудов, в которых она содержится; у нее нет собственной формы, как вас всех учили в школах. Приспосабливаясь в самых незначительных отношениях к условиям сосуда, в который он помещен, и демонстрируя даже на своей поверхности, где, как можно было бы предположить, у него была самая свободная игра, не что иное, как лощеное, улыбающееся, ничего не выражающее выражение лица, он является придворным*по преимуществу* среди естественных тел.

Жидкости не имеют собственной формы! Нет, не для поверхностного наблюдателя. Но люди, которые заметили, что дождевая капля круглая и никогда не бывает угловатой, не будут расположены принимать эту догму так безоговорочно.

Справедливо предположить, что каждый человек, даже самый слабый, обладал бы характером, если бы в этом мире не было слишком трудно сохранить его. Точно так же мы должны предположить, что жидкости обладали бы собственными формами, если бы давление обстоятельств позволяло это, — если бы они не были раздавлены своим собственным весом.

Один астроном однажды подсчитал, что человеческие существа не могли бы существовать на солнце, если бы не его огромное тепло, потому что там они были бы раздавлены на куски своим собственным весом. Большая масса этого тела также значительно увеличила бы вес находящегося там человеческого тела. Но на Луне, поскольку здесь мы были бы намного легче, мы могли бы без каких-либо затруднений запрыгнуть так высоко, как на церковные шпили, с той же мускульной силой, которой мы обладаем сейчас. Статуи и "гипсовые" слепки из сиропа, несомненно, являются предметом фантазии даже на Луне, но кленовый сироп там тек бы так медленно, что мы могли бы легко слепить человека из кленового сиропа на Луне, ради забавы, точно так же, как наши дети здесь лепят снежных человечков.

Соответственно, если жидкости не имеют собственной формы у нас на земле, то, возможно, они имеют свою собственную форму на Луне или на каком-нибудь меньшем и более легком небесном теле. Таким образом, проблема просто состоит в том, чтобы избавиться от действия силы тяжести; и, сделав это, мы сможем выяснить, каковы особые формы жидкостей.

Проблема была решена Плато из Гента, метод которого заключался в погружении жидкости в другую с таким же удельным весом.[1] Он использовал для своих экспериментов масло и смесь спирта и воды. Согласно хорошо известному принципу Архимеда, масло в этой смеси теряет весь свой вес. Она больше не тонет под его тяжестью; ее формирующие силы, какими бы слабыми они ни были, теперь действуют в полную силу.

Фактически, теперь мы видим, к нашему удивлению, что масло, вместо того чтобы растекаться слоем или лежать в бесформенной массе, принимает форму красивой и совершенной сферы, свободно подвешенной в смеси, подобно Луне в космосе. Таким образом, мы можем сконструировать масляный шар диаметром в несколько дюймов.

Теперь, если мы прикрепим тонкую пластинку к проволоке и вставим ее в масляный шар, мы сможем, прокручивая проволоку между пальцами, привести во вращение весь шар. При этом шар принимает сплюснутую форму, и мы можем, если будем достаточно искусны, отделить таким вращением кольцо от шара, подобное тому, которое окружает Сатурн. Это кольцо, наконец, разрывается на части и, распадаясь на множество шариков меньшего размера, являет нам своего рода модель происхождения планетной системы в соответствии с гипотезой Канта и Лапласа.

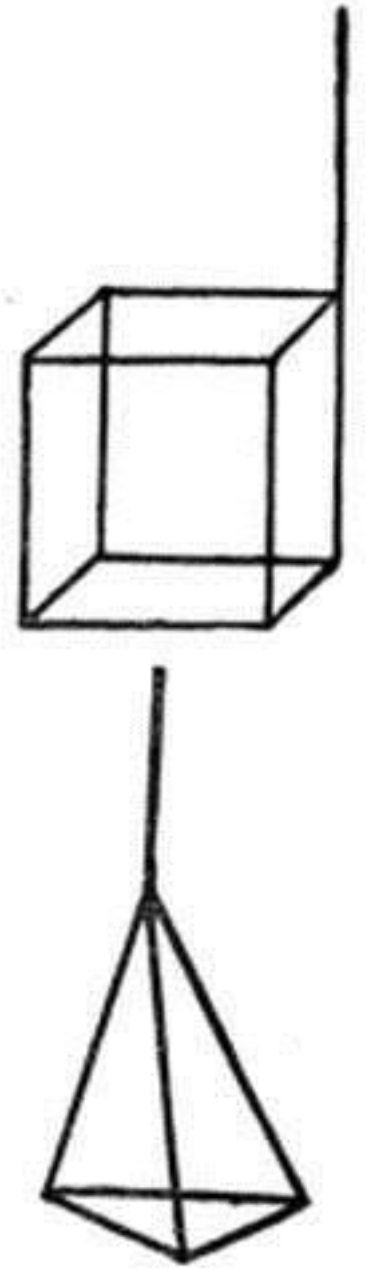


Рис. 1.

Еще более любопытными являются явления, проявляющиеся, когда формообразующие силы жидкости частично нарушаются при соприкосновении с поверхностью жидкости какого-либо твердого тела. Если мы погрузим, например, проволочный каркас куба в нашу масляную массу, масло повсюду будет прилипать к проволочному каркасу. Если количество масла точно достаточное, мы получим кубик масла с идеально гладкими стенками. Если масла слишком много или слишком мало, стенки куба будут выпячиваться или прогибаться. Таким образом, мы можем создавать всевозможные геометрические фигуры из масла, например, трехстороннюю пирамиду, цилиндр (помещая масло между двумя проволочными кольцами) и так далее. Интересным является изменение формы, которое происходит, когда мы постепенно высасываем масло с помощью стеклянной трубки из куба или пирамиды. Проволока надежно удерживает масло. Фигура становится все меньше и меньше, пока, наконец, не становится

совсем тонкой. В конечном счете он состоит просто из ряда тонких, гладких пластинок масла, которые тянутся от краев кубика к центру, где они соединяются в небольшую каплю. То же самое верно и в отношении пирамиды.

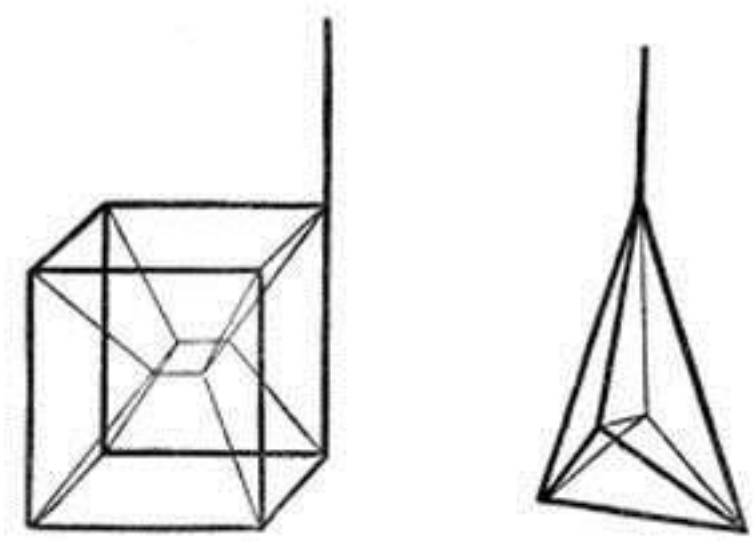


Рис. 2.

Теперь напрашивается идея, что жидкие фигурки, такие тонкие, как эта, и обладающие, следовательно, таким незначительным весом, не могут быть раздавлены или деформированы своим весом; точно так же, как маленький мягкий шарик из глины не подвержен в этом отношении влиянию своего веса. В таком случае нам больше не нужна наша смесь спирта и воды для изготовления фигурок, но мы можем создавать их на открытом воздухе. И Плато, действительно, обнаружил, что эти тонкие фигурки или, по крайней мере, очень похожие на них, можно создать в воздухе, окунув проволочные сетки, описанные выше, в раствор мыла и воды и быстро вытащив их снова. Эксперимент несложный. Фигура формируется сама по себе. Предыдущий рисунок представляет глазу формы, полученные с помощью кубических и пирамидальных сеток. В кубе тонкие, гладкие пленки мыльной пены идут от краев к небольшой квадратной пленке в центре. В пирамиде пленка тянется от каждого края к центру.

Эти фигуры настолько красивы, что вряд ли поддаются подходящему описанию. Их удивительная правильность и геометрическая точность вызывают удивление у всех, кто видит их впервые. К сожалению, они недолговечны. Они лопаются при высыхании раствора на воздухе, но только после того, как демонстрируют нам самую яркую игру цветов, какую часто можно увидеть в мыльных пузырях. Отчасти красота их форм, а отчасти наше желание изучить их более детально побуждает нас задуматься о методах придания им постоянной формы. Делается это очень просто.[2] Вместо погружения проволочных сеток в растворы мыла мы опускаем их в чистый расплавленный канифоль (смолу). Вытянутый рисунок сразу же образуется и затвердевает при контакте с воздухом.

Следует отметить, что также можноизготавливать твердые жидкие фигуры на открытом воздухе, если их вес достаточно невелик, или проволочные сетки очень небольших размеров. Если мы сделаем, например, из очень тонкой проволоки сетку кубической формы, длина сторон которой составляет около одной восьмой дюйма, нам нужно просто окунуть эту сетку в воду, чтобы получить небольшой твердый кубик воды. С помощью промокательной бумаги можно легко удалить лишнюю воду и сделать грани кубика гладкими.

Можно разработать еще один простой метод наблюдения за этими фигурами. Капля воды на смазанную маслом стеклянную пластинку не потечет, если она достаточно маленькая, а будет сплющена своим весом, которыйприжимает ее к опоре. Чем меньше капля, тем меньше сплющивание. Чем меньше капля, тем ближе она к форме сферы. С другой стороны, капля, подвешенная к палочке, вытягивается из-за своего веса. Самые нижние части капли воды на опоре прижимаются к опоре, а верхние части прижимаются к нижним частям, потому что последние не могут поддаваться. Но когда капля свободно падает вниз, все ее части движутся одинаково быстро; ни одной части не мешает другая; ни одна часть не давит на другую. Соответственно, на свободно падающую каплю не влияет ее вес; она действует так, как если бы была невесомой; она принимает сферическую форму.

Беглый взгляд на фигурки из мыльной пленки, изготовленные нашими различными проволочными моделями, открывает нам огромное разнообразие форм. Но как бы ни было велико это разнообразие, общие черты фигур также легко различимы.

"Все формы Природы взаимосвязаны, хотя ни одна из них не является такой же, как другая; Таким образом, их общий хор указывает на скрытый закон".

Этот скрытый закон был обнаружен. Его можно выразить, несколько прозаично, следующим образом:

1) Если на рисунке пересекаются несколько плоских пленок жидкости, то их всегда три, и, взятые попарно, они образуют друг с другом почти равные углы.

2) Если на фигуре сходятся несколько ребер жидкости, то их всегда четыре, и, взятые попарно, они образуют друг с другом почти равные углы.

Это странный закон, и причина его неочевидна. Но мы могли бы применить эту критику практически ко всем законам. Не всегда мотивы законодателя видны в форме закона, который он конструирует. Но наш закон допускает анализ очень простых элементов или причин. Если мы внимательно изучим параграфы, в которых это утверждается, мы обнаружим, что их смысл сводится просто к тому, что поверхность жидкости принимает форму наименьшей площади, которая возможна при данных обстоятельствах.

Поэтому, если бы какой-нибудь необычайно умный портной, владеющий знаниями всех хитростей высшей математики, поставил перед собой задачу так покрыть проволочный каркас куба тканью, чтобы каждый кусочек ткани был соединен проволокой и остальной тканью, и попытался бы выполнить этот подвиг с наибольшей экономией материала, он не построил бы никакой другой фигуры, кроме той, которая здесь сформована на проволочном каркасе в нашем растворе мыла и воды. Природа при создании жидких фигур действует по принципу алчного портного и в своей работе не думает о моде. Но, как ни странно, в этой работе самые красивые модели создаются сами по себе.

Два параграфа, в которых говорится, что наш закон применим в первую очередь только к фигурам из мыльной пленки и, конечно же, не применим к фигурам, выполненным маслом. Но принцип, согласно которому площадь поверхности жидкости должна быть минимально возможной при данных обстоятельствах, применим ко всем показателям жидкости. Тот, кто понимает не только букву, но и смысл закона, не растеряется, столкнувшись со случаями, к

которым буква не совсем применима. И это относится к принципу наименьшей поверхностности. Это надежное руководство для нас даже в тех случаях, когда вышеуказанные пункты неприменимы.

Теперь нашей первой задачей будет показать на наглядной иллюстрации способ формирования жидких фигур по принципу наименьшей площади поверхности. Масло на проволочной пирамидке в нашей смеси спирта и воды, не имея возможности покинуть края проволоки, прилипает к ним, и данная масляная масса стремится придать себе такую форму, чтобы ее поверхность имела как можно меньшую площадь. Предположим, мы попытаемся имитировать это явление. Мы берем проволочную пирамидку, натягиваем на нее прочную резиновую пленку и вместо проволочной ручки вставляем небольшую трубку, ведущую внутрь пространства, окруженного резиной (рис. 3). Через эту трубку мы можем вдувать или откачивать воздух. Количество воздуха в камере соответствует количеству масла. Растянутая резиновая пленка, которая, цепляясь за края проволоки, изо всех сил старается сжаться, представляет собой поверхность масла, стремящуюся уменьшить свою площадь. Вдувая и вытягивая воздух, мы фактически получаем все масляные пирамидальные фигуры, от выпуклых до впалых. Наконец, когда весь воздух откачан или откачан, демонстрируется фигура из мыльной пленки. Резиновые пленки соединяются друг с другом, принимают форму плоскостей и сходятся на четырех острых краях в центре пирамиды.

Рис. 3.

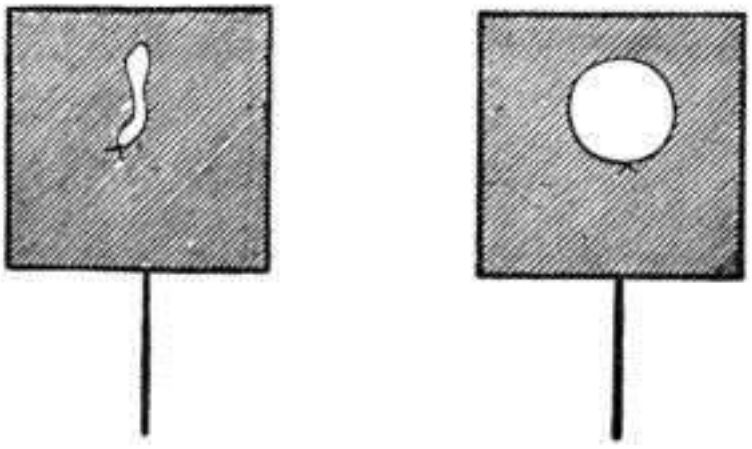


Рис. 4.

Тенденция мыльных пленок принимать меньшие формы может быть непосредственно продемонстрирована методом Ван дер Менсбругге. Если мы окунем квадратную проволочную рамку, к которой прикреплена ручка, в раствор мыла и воды, то получим на рамке красивую плоскую пленку мыльной пены. (Рис. 4.) На это мы накладываем нитку, два конца которой связаны вместе. Если теперь мы проколем часть, окруженную нитью, то получим мыльную пленку с круглым отверстием в ней, окружность которого и есть нить. Оставшаяся часть пленки уменьшается по площади настолько, насколько это возможно, отверстие занимает максимально возможную площадь. Но фигурой наибольшей площади с заданной периферией является круг.

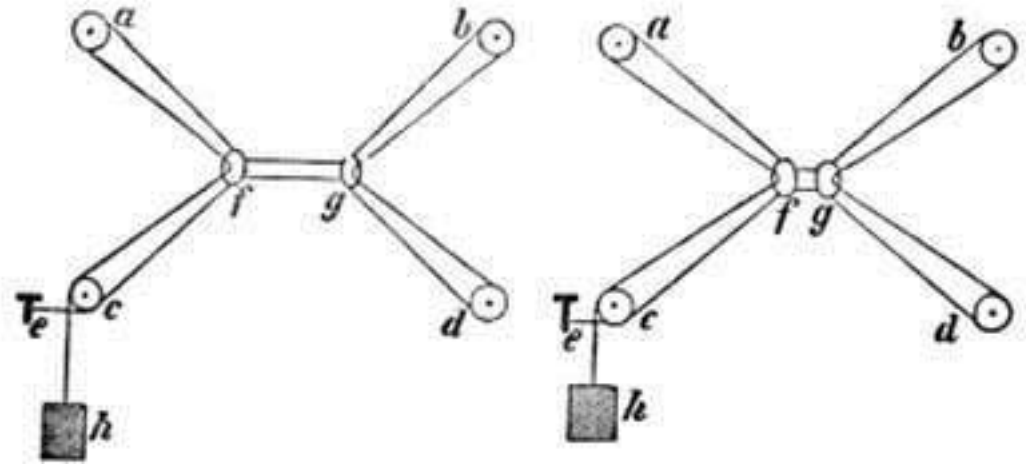


Рис. 5.

Аналогично, по принципу наименьшей площади поверхности, свободно взвешенная масса масла принимает форму сферы. Сфера представляет собой форму наименьшей поверхности для данного содержимого. Это очевидно. Чем больше мы кладем в дорожную сумку, тем ближе ее форма к сферической.

Связь двух вышеупомянутых параграфов с принципом наименьшей поверхностной площади может быть показана на еще более простом примере. Представьте себе четыре неподвижных блока, *a*, *b*, *c*, *d*, и два подвижных кольца *f*, *g* (рис. 5); вокруг блоков и через кольца представьте пропущенный гладкий шнур, прикрепленный на одном конце к гвоздю *e*, а на другом нагруженный грузом *h*. Теперь этот вес всегда стремится опуститься, или, что то же самое, всегда стремится сделать часть тетивы *eh* как можно длиннее, и, следовательно, остальную

часть тетивы, намотанную на блоки, как можно короче. Струны должны оставаться соединенными со шкивами, а за счет колец также друг с другом. Соответственно, условия данного случая аналогичны условиям для рассмотренных фигур с жидкостью. Результат также аналогичен. Когда, как на рисунке справа в разрезе, четыре пары струн сходятся, необходимо установить другую конфигурацию. Следствием попытки струны укоротить саму себя является то, что кольца отделяются друг от друга, и теперь во всех точках сходятся только три пары струн, каждые две под равными углами в сто двадцать градусов. На самом деле, при таком расположении достигается максимально возможное укорачивание струны; это легко доказать с помощью геометрии.

Это поможет нам в некоторой степени понять создание красивых и сложных фигур из-за простой тенденции жидкостей принимать форму поверхностей наименьшей площади. Но возникает вопрос, *почему* жидкости стремятся к поверхностям наименьшей площади?

Частицы жидкости сцепляются друг с другом. Соприкасающиеся капли сливаются. Можно сказать, что частицы жидкости притягиваются друг к другу. Если это так, то они стремятся подойти как можно ближе друг к другу. Частицы на поверхности будут стремиться проникнуть как можно дальше внутрь. Этот процесс не остановится, не может прекратиться до тех пор, пока поверхность не станет настолько маленькой, насколько это возможно в данных обстоятельствах, пока на поверхности не останется как можно меньше частиц, пока как можно больше частиц не проникнет внутрь, пока силам притяжения больше не придется выполнять свою работу.[3]

Соответственно, корень принципа наименьшей поверхности следует искать в другом и гораздо более простом принципе, который может быть проиллюстрирован подобной аналогией. Мы можем *представить* естественные силы притяжения и отталкивания как цели или намерения природы. На самом деле, то внутреннее давление, которое мы ощущаем перед действием и которое мы называем намерением или целью, в конечном счете не настолько существенно отличается от давления камня на его опору или давления магнита на другой предмет, что использование для обоих этих терминов одного и того же термина неизбежно недопустимо — по крайней мере, для четко определенных целей.[4] Соответственно, цель природы - приблизить железо к магниту, камень - к центру земли и так далее. Если такая цель может быть реализована, она выполняется. Но там, где она не может реализовать свои цели, природа ничего не предпринимает. В этом отношении она действует точно так, как поступает хороший деловой человек.

Это постоянная цель природы - снижать вес. Мы можем поднять вес, заставив опуститься другой, больший вес; то есть, выполнив другую, более мощную цель природы. Если мы воображаем, что таким образом заставляем природу служить нашим целям, то при ближайшем рассмотрении окажется, что верно обратное и что природа использовала нас для достижения своих целей.

Равновесие, покой существует только тогда, но и то всегда, когда природа останавливается в своих целях, когда силы природы настолько полностью удовлетворены, насколько это возможно при данных обстоятельствах. Так, например, тяжелые тела находятся в равновесии, когда их так называемый центр тяжести находится настолько низко, насколько это возможно,

или когда вес настолько велик, насколько позволяют обстоятельства, опустился настолько низко, насколько это возможно.

Невольно напрашивается мысль, что, возможно, этот принцип справедлив и в других сферах. Равновесие существует также в состоянии, когда цели сторон удовлетворены настолько полно, насколько это возможно на данный момент, или, как мы можем сказать в шутку, на языке физики, когда социальный потенциал максимален.[5]

Видите ли, наш скупой меркантильный принцип чреват последствиями.[6] Результат трезвого исследования, он стал таким же плодотворным для физики, как сухие вопросы Сократа для науки в целом. Если принципу кажется, что ему не хватает идеальности, тем более идеальными являются плоды, которые он приносит.

Но почему, скажите мне, наука должна стыдиться такого принципа? Является ли наука[7] сама по себе чем—то большим, чем бизнес? Разве его задача не состоит в том, чтобы с наименьшим возможным трудом, за наименьшее возможное время, с наименьшими возможными размышлениями приобрести как можно большую часть вечной истины?

ВОЛОКНА КОРТИ.

Всякий, кто путешествовал по прекрасной стране, знает, что восхищение туриста возрастает по мере его продвижения. Какой красивой, должно быть, выглядит эта лесистая лощина с того холма! Куда течет этот чистый ручей, который прячется вон в той осоке? Если бы я только знал, как выглядит пейзаж за этой горой! Так думает даже ребенок во время своих первых прогулок. Это верно и для натурфилософа.

Первые вопросы заставляют обратить на себя внимание спрашивающего практические соображения; последующие - нет. Непреодолимое влечение влечет его к ним; более благородный интерес, который намного превосходит простые жизненные потребности. Давайте рассмотрим особый случай.

В течение длительного времени строение органа слуха активно привлекало внимание анатомов. Благодаря их трудам было сделано значительное количество блестящих открытий и установлено великолепное множество фактов и истин. Но вместе с этими фактами появилось множество новых загадок.

В то время как в теории организации и функций глаза достигнута сравнительная ясность; в то время как рука об руку с этим офтальмология достигла такой степени совершенства, о которой предыдущее столетие едва ли могло мечтать, и с помощью офтальмоскопа наблюдающий врач проникает в самые глубокие уголки глаза, теория уха все еще во многом окутана таинственным мраком, полным привлекательности для исследователя.

Посмотрите на эту модель уха. Проблемы начинаются даже в той знакомой части, по размеру которой мы измеряем уровень интеллекта людей, даже во внешнем ухе. Вы видите здесь последовательность спиралей, иногда очень красивых, значение которых мы не можем точно определить, но для которых, безусловно, должна быть какая-то причина.

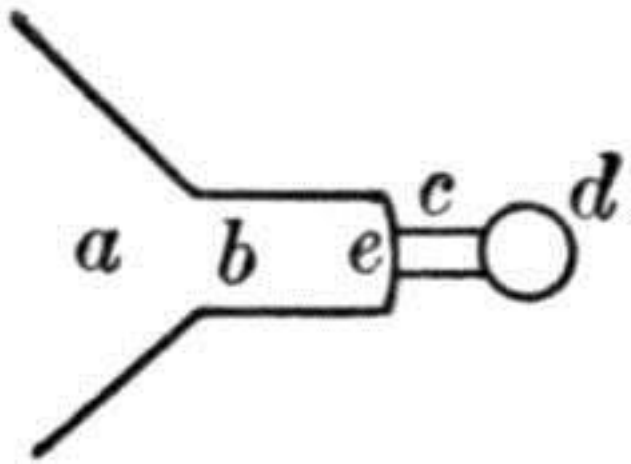


Рис. 6.

Ушная раковина,*a* на прилагаемой схеме, пропускает звук в изогнутый слуховой проход *b*, который заканчивается тонкой перепонкой, так называемой барабанной *перепонкой,*e,,,,,,. Эта мембрана приводится в движение звуком и, в свою очередь, приводит в движение ряд маленьких косточек очень своеобразной формы,*c*. В конце всего находится лабиринт *d*. Лабиринт состоит из группы полостей, заполненных жидкостью, в которые вложены бесчисленные волокна слухового нерва. Вибрацией костной цепочки *c*встряхивается жидкость лабиринта и возбуждается слуховой нерв. Здесь начинается процесс слушания. Во многом можно быть уверенным. Но детали процесса - это один и тот же вопрос без ответа.

К этим старым головоломкам маркиз Корти еще в 1851 году добавил новую загадку. И, как ни странно, именно эта последняя загадка, возможно, первой получила правильное решение. Это будет предметом наших сегодняшних замечаний.

Корти обнаружил в улитке, или раковине улитки лабиринта, большое количество микроскопических волокон, расположенных бок о бок в геометрически упорядоченном порядке. По словам Келликера, их число составляет три тысячи. Они также были предметом расследования со стороны Макса Шульце и Дейтерса.

Описание деталей этого органа только утомило бы вас, к тому же не внесло бы большей ясности в суть вопроса. Поэтому я предпочитаю кратко изложить, в чем, по мнению таких выдающихся исследователей, как Гельмгольц и Фехнер, заключается особая функция волокон Корти. По-видимому, улитка содержит большое количество эластичных волокон различной длины (рис. 7), к которым прикрепляются ветви слухового нерва. Эти волокна, называемые волокнами, столбиками или стержнями Корти, будучи неодинаковой длины, также должны обладать неодинаковой эластичностью и, следовательно, иметь разную тональность. Таким образом, улитка является разновидностью фортепиано.

Рис. 7.

Какова же теперь может быть функция этой структуры, которая не обнаруживается ни в одном другом органе чувств? Не может ли это быть связано с каким-то особым свойством уха? Это вполне вероятно, ибо ухо обладает очень похожей способностью. Вы знаете, что можно проследить за отдельными голосами симфонии. Действительно, такой подвиг возможен даже в фуге Баха, где это, безусловно, немалое достижение. Ухо может различать отдельные составляющие тональные партии не только гармонии, но и самого дикого столкновения музыки, какое только можно вообразить. Музыкальный слух анализирует каждое скопление тонов.

Глаз не обладает такой способностью. Кто, например, мог бы сказать по простому виду белого цвета, без предварительного экспериментального знания того факта, что белый состоит из смеси других цветов? Может ли быть так, что эти два факта, только что упомянутое свойство уха и структура, открытая Корти, действительно связаны? Это весьма вероятно. Загадка разрешится, если мы предположим, что каждая нота определенной высоты имеет свою особую струну в этом фортепьяно Корти и, следовательно, свою особую ветвь слухового нерва, прикрепленную к этой струне. Но прежде чем я смогу донести до вас эту мысль совершенно ясно, я должен попросить вас сделать несколько шагов вслед за мной в сухую область физики.

Посмотрите на этот маятник. Выведенный из положения равновесия импульсом, он начинает раскачиваться с определенным временем колебаний, зависящим от его длины. Более длинные маятники качаются медленнее, более короткие - быстрее. Предположим, что наш маятник совершает одно движение взад-вперед за секунду.

Теперь этот маятник можно привести в сильную вибрацию двумя способами: либо*одним* сильным импульсом, либо *количеством* правильно переданных слабых импульсов. Например, мы сообщаем маятнику, находящемуся в состоянии покоя в положении равновесия, очень

слабый импульс. Он будет производить очень слабую вибрацию. Когда он в третий раз переходит в положение равновесия, по истечении второго, мы снова подвергаем его легкому толчку в том же направлении, что и в первый. Снова по прошествии секунды, при пятом прохождении им положения равновесия, мы ударяем по нему тем же способом; и так продолжается. Видите ли, благодаря этому процессу передаваемые удары постоянно усиливают движение маятника. После каждого слабого толчка маятник вытягивается еще немного в своем колебании и, наконец, приходит в значительное движение.[8]

Но это происходит не при всех обстоятельствах. Это возможно только тогда, когда передаваемые импульсы синхронизируются с колебаниями маятника. Если бы мы передали второй импульс по истечении половины секунды и в том же направлении, что и первый импульс, его действие противодействовало бы движению маятника. Легко видеть, что наши маленькие импульсы все больше и больше помогают движению маятника, в зависимости от того, насколько их время согласуется со временем маятника. Если мы ударим по маятнику в любое другое время, отличное от времени его вибрации, в некоторых случаях, это правда, мы усилим его вибрацию, но в других мы снова будем препятствовать ей. Наши импульсы будут тем менее эффективными, чем больше движение нашей собственной руки будет отличаться от движения маятника.

То, что верно для маятника, верно и для любого вибрирующего тела. Камертон, когда он звучит, тоже вибрирует. Он вибрирует быстрее, когда его звук выше; медленнее, когда он глубже. Стандартный *звук "A"* нашей музыкальной гаммы производит около четырехсот пятидесяти вибраций в секунду.

Я кладу рядом друг с другом на этот стол два совершенно одинаковых камертона, покоящихся на резонансных корпусах. Я наношу по первому резкий удар, так что он издает громкую ноту, и тут же снова хватаю его рукой, чтобы заглушить звук. Тем не менее, вы все еще слышите отчетливо прозвучавшуюноту, и, почувствовав ее, вы можете убедиться, что другая вилка, по которой не ударяли, теперь вибрирует.

Теперь я прикрепляю небольшой кусочек воска к одной из вилок. Таким образом, звук получается фальшивым; его нота становится немного глубже. Теперь я повторяю тот же эксперимент с двумя вилками, теперь с неодинаковым шагом, ударяя по одной из них и снова берясь за нее рукой; но в данном случае звук прекращается в тот самый момент, когда я касаюсь вилки.

Что произошло в этих двух экспериментах? Просто вот что. Вибрирующая вилка производит в воздухе и на столе четыреста пятьдесят ударов в секунду, которые передаются другой вилке. Если другая вилка подается на ту же ноту, то есть, если она вибрирует при ударе одновременно с первой, то ударов, произведенных первой, какими бы слабыми они ни были, достаточно, чтобы вторая вилка начала быструю симпатическую вибрацию. Но когда время вибрации двух вилок немного отличается, этого не происходит. Мы можем ударять по скольким угодно вилкам, вилка, настроенная на *A*, совершенно безразлична к их звукам; фактически, она глуха ко всем, кроме своей собственной; и если вы ударите по трем, или четырем, или пяти, или вообще по любому количеству вилок одновременно, так что удары, исходящие от них, будут очень сильными, то вилка *A* не присоединится к их вибрациям, если только в наборе не окажется другой вилки *A*. Другими словами, из всех звучащих нот он выделяет ту, которая ему соответствует.

То же самое верно для всех органов, которые могут извлекать ноты. При игре на пианино, при взятии определенных нот, звучат тумблеры, то же самое делают оконные стекла. Это явление также не имеет аналогов в других провинциях. Возьмем собаку, которая отзывается на кличку "Неро". Она лежит у вас под столом. Вы говорите о Домициане, Веспасиане и Марке Аврелии Антонине, вы называете все имена римских императоров, которые приходят вам на ум, но собака не шевелится, хотя легкое подрагивание ее уха говорит вам о слабом отклике ее сознания. Но в тот момент, когда вы зовете "Неро", он радостно прыгает к вам. Камертон подобен вашей собаке. Оно соответствует названию *A*.

Вы улыбаетесь, дамы. Вы качаете головами. Это сравнение вам не нравится. Но у меня есть другой, который очень близок тебе: и в наказание ты услышишь его. Вы тоже подобны камертонам. Много сердец, которые трепещут от страсти к тебе, на которые ты не обращаешь внимания, но остываешь. Но какая тебе от этого польза! Скоро сердце начнет биться в нужном ритме, и тогда ваш звон тоже прозвучит. Тогда ваше сердце тоже будет биться в унисон, хотите вы того или нет.

Закон симпатической вибрации, предложенный здесь для звучащих тел, претерпевает некоторые изменения для тел, неспособных издавать ноты. Тела такого типа вибрируют почти на каждой ноте. Мы знаем, что высокая шелковая шляпа не будет звучать; но если вы будете держать свою шляпу в руке, когда придете на свой следующий концерт, вы не только услышите исполняемые произведения, но и почувствуете их пальцами. Именно так обстоит дело с мужчинами. Люди, которые сами способны задавать тон своему окружению, мало беспокоятся о болтовне других. Но человек без характера задерживается везде: и в зале трезвости, и за стойкой кабака - везде, где формируется комитет. Высокая шелковая шляпа среди колокольчиков - то же, что слабак среди убежденных людей.

Следовательно, звучащий орган всегда звучит, когда извлекается его особая нота, отдельно или в компании с другими. Теперь мы можем сделать еще один шаг вперед. Как будет вести себя группазвучащих тел, которые по высоте своих нот образуют гамму? Давайте, например, представим себе (рис. 8) ряд стержней или струн, звучащих в такт нотам *c d e f g*.... На музыкальном инструменте отбивается аккорд *c e g*. Каждый из стержней на рис. 8 увидит, содержится ли в соглашении его особое примечание, и если найдет его, ответит. Стержень *c* сразу выдаст ноту *c*, стержень *e* - ноту *e*, стержень *g*ноту *g*. Все остальные стержни останутся в покое, не будут издавать звуков.

Рис. 8.

Нам не нужно долго искать такой инструмент. Каждое пианино является инструментом такого рода, с которым упомянутый эксперимент может быть выполнен с великолепным успехом. Здесь рядом друг с другом стоят два пианино, оба одинаково настроенные. Мы будем использовать первый для возбуждения нот, в то время как второму позволим откликнуться; предварительно нажав на громкую педаль, чтобы привести в движение все струны.

Каждая гармония, мощно сыгранная на первом фортепиано, отчетливо повторяется на втором. Чтобы доказать, что в обоих фортепиано звучат одни и те же струны, мы повторяем эксперимент в слегка измененной форме. Мы отпускаем громкую педаль второго пианино и, нажимая на клавиши *c e g* этого инструмента, энергично извлекаем гармонию *c e g* на первом пианино. Гармония *c e g* теперь звучит и на втором фортепиано. Но если мы нажмем только на одну клавишу *g* на одном пианино, в то время как мы нажмем *c e g* на другом, на*второй будет звучать только g*. Таким образом, струны двух фортепиано всегда похожи и возбуждают друг друга.

Пианино может воспроизводить любой звук, состоящий из его музыкальных нот. Оно будет воспроизводить, например, очень отчетливо гласный звук, который в нем поется. И действительно, физика доказала, что гласные можно рассматривать как состоящие из простых музыкальных нот.

Вы видите, что при возбуждении определенных тонов в воздухе с механической необходимостью совершаются вполне определенные движения на пианино. Эту идею можно было бы использовать для исполнения некоторых красивых произведений волшебства.

Представьте коробку, в которой находится натянутая струна определенного тона. Она приводится в движение так же часто, как поется или насвистывается соответствующая нота. Теперь для опытного механика не составило бы особого труда сконструировать коробку таким образом, чтобы вибрирующий шнур замыкал гальваническую цепь и открывал замок. И не было бы намного более сложной задачей сконструировать коробку, которая открывалась бы при звуке определенной мелодии. Сезам! и засовы падают. Воистину, у нас должен был бы получиться настоящий замок-головоломка. Еще один фрагмент, спасенный из того древнего царства сказок, о котором так много знают наши дни, из мира волшебных историй, последним вкладом в который является "Телеграф" Касселли, с помощью которого можно писать на расстоянии собственной рукой, и проф. Телеавтограф Элиши Грея. Что бы сказал на это старый добрый Геродот, который даже в Египте качал головой от многого, что видел? ἐμοὶ μὲν ἐύ πιστα, так же простодушно, как тогда, когда он услышал о кругосветном плавании по Африке.

Новый замок-головоломка! Но зачем его изобретать? Разве мы сами не люди-замки-головоломки? Подумайте о колоссальных группах мыслей, чувств и эмоциях, которые могут быть вызваны в нас одним словом! Разве в нашей жизни не бывает моментов, когда одно только имя заставляет кровь приливать к сердцу? Кто из присутствующих на большом массовом собрании не испытывал, какое огромное количество энергии и движения могут вызвать невинные слова "Свобода, равенство, братство".

Но давайте вернемся к собственно предмету нашего рассуждения. Давайте еще раз взглянем на наше пианино или на то, что будет работать так же хорошо, на какое-нибудь другое приспособление того же характера. Что делает этот инструмент? Проще говоря, он разлагает, он анализирует каждое скопление звуков, витающих в воздухе, на отдельные составные части, каждый тон подхватывается отдельной струной; он выполняет настоящий спектральный анализ звука. Совершенно глухой человек с помощью пианино, просто прикасаясь к струнам или исследуя их вибрации с помощью микроскопа, мог бы исследовать звучное движение воздуха и выделить отдельные тона, возбуждаемые в нем.

Ухо обладает той же способностью, что и это пианино. Ухо выполняет для ума то, что пианино выполняет для глухого человека. Ум без уха глух. Но глухой человек, играющий на пианино, в некотором роде слышит, хотя и гораздо менее отчетливо и более неуклюже, чем слухом. Таким образом, ухо также разлагает звук на составляющие его тональные части. Думаю, теперь я не обманусь, если предположу, что у вас уже есть представление о том, какова функция волокон Корти. Мы можем прояснить этот вопрос для себя. Мы будем использовать одно пианино для возбуждения звуков, а второе представим в ухе наблюдателя на месте волокон Корти, которое является моделью такого инструмента. Мы предположим, что к каждой струне пианино в ухе прикреплено особое волокно слухового нерва, так что это волокно, и только это, раздражается, когда струна начинает вибрировать. Если мы возьмем сейчас аккорд на внешнем пианино, то на каждый тон этого аккорда зазвучит определенная струна внутреннего пианино и будет раздражено столько различных нервных волокон, сколько нот в аккорде. Таким образом, одновременные чувственные впечатления от различных нот могут сохраняться несмешанными и разделяться вниманием. Это то же самое, что и с пятью пальцами руки. Каждым пальцем я могу коснуться чего-то другого. Сейчас в ухе три тысячи таких пальцев, и каждый предназначен для прикосновения разного тона.[9] Наше ухо - это головоломка-замочек, подобная упомянутой. Он открывается при волшебной мелодии звука. Но это невероятно хитроумный замок. Не только

один тон, но и каждый тон заставляет его открываться; но каждый по-своему. На каждый тон он отвечает разными ощущениями.

В истории науки не раз случалось, что явление, предсказанное теорией, попадало в поле реального наблюдения лишь долгое время спустя. Леверье предсказал существование и местоположение планеты Нептун, но только некоторое время спустя Галле действительно обнаружил планету в предсказанном месте. Гамильтон теоретически раскрыл явление так называемого конического преломления света, но впоследствии Ллойду было предоставлено некоторое время для наблюдения этого факта. Судьба теории Гельмгольца о волокнах Корти была в чем-то схожей. Эта теория также получила существенное подтверждение из последующих наблюдений В. Хенсена. На свободной поверхности тел ракообразных, соединенных со слуховыми нервами, обнаружены ряды маленьких волосистых нитей различной длины и толщины, которые в некоторой степени являются аналогами волокон Корти. Хенсен видел, как эти волоски вибрируют при возбуждении звуков, и когда звучат разные ноты, вибрируют разные волоски.

Я сравнил работу физического исследователя с путешествием туриста. Когда турист поднимается на новый холм, перед ним открывается совершенно другой вид на всю округу. Когда исследователь находит разгадку одной загадки, в его руки попадает разгадка множества других.

Наверняка вы часто испытывали странное впечатление, которое возникает, когда при пении через гамму достигается октава, и возникает почти такое же ощущение, как при пении основным тоном. Это явление находит свое объяснение в изложенном здесь взгляде на ухо. И не только это явление, но и все законы теории гармонии могут быть поняты и проверены с этой точки зрения с невообразимой ясностью. К сожалению, сегодня я вынужден довольствоваться простым указанием на эти прекрасные перспективы. Их рассмотрение увело бы нас слишком далеко в сторону, в области других наук.

Исследователь природы тоже должен сдерживать себя на своем пути. Его также влечет от одной красоты к другой, как туриста из долины в долину, и как обстоятельства обычно переносят людей из одних условий жизни в другие. Не столько он создает задания, сколько то, что задания сделаны из него. Но пусть он использует свое время с пользой, и пусть его взгляд не блуждает бесцельно туда-сюда. Ибо скоро засияет вечернее солнце, и прежде чем он успеет полностью разглядеть чудеса поблизости, могучая рука схватит его и уведет в другой мир головоломок.

Уважаемые слушатели, наука когда-то находилась в совершенно ином отношении к поэзии. Древние индийские математики записывали свои теоремы в стихах, и цветы лотоса, розы и лилии, прекрасные пейзажи, озера и горы фигурировали в их задачах.

"Ты плывешь по этому озеру в лодке. Лилия выступает на ладонь над водой. Легкий ветерок наклоняет его вниз, и он исчезает на две ладони ниже своего предыдущего места под поверхностью. Быстро, математик, скажи мне, насколько глубоко озеро!"

Так говорил древний индуистский ученый. Эта поэзия, и вполне справедливо, исчезла из науки, но с ее сухих листьев поднимается другая поэзия, которую невозможно описать тому, кто

никогда ее не ощущал. Тот, кто хочет в полной мере насладиться этой поэзией, должен взяться за плуг, должен сам исследовать. Поэтому хватит об этом! Я буду считать себя счастливчиком, если вы не раскаетесь в этом кратком экскурсе в цветущую долину физиологии и если вы примете с собой веру в то, что мы можем сказать о науке то же, что мы говорим о поэзии,

"Тот, кто понимает
Нужды песни, должен искать собственную землю песни;
Тот, кто понимает
Потребности менестреля, должен искать землю менестреля".

О ПРИЧИНАХ ГАРМОНИИ.

Сегодня нам предстоит поговорить о теме, которая, возможно, представляет несколько более общий интерес, - о*причинах гармонии музыкальных звуков*. Первые и простейшие опыты, касающиеся гармонии, очень древние. Иначе обстоит дело с объяснением ее законов. Впервые они были предоставлены исследователями недавней эпохи. Позвольте мне сделать исторический экскурс.

Пифагор (586 г. до н.э.) знал, что нота, издаваемая струной с постоянным натяжением, преобразуется в октаву, когда длина струны уменьшается наполовину, и в квинту, когда длина струны уменьшается на две трети; и что тогда первый основной тон становится созвучным двум другим. В общем, он знал, что одна и та же струна при постоянном натяжении издает согласные звуки, если ее последовательно разделить на длины, соответствующие пропорциям простейших натуральных чисел; то есть в пропорциях 1:2, 2:3, 3:4, 4:5.

Пифагору не удалось раскрыть причины этих законов. Какое отношение имеют согласные тона к простым натуральным числам? Вот вопрос, который мы должны задать сегодня. Но это обстоятельство, должно быть, показалось Пифагору не столько странным, сколько необъяснимым. Этот философ искал причины гармонии в оккультной, чудесной силе чисел. Его метод был в значительной степени причиной роста числового мистицизма, следы которого все еще можно обнаружить в наших некритических книгах и среди некоторых ученых, для которых чудеса более привлекательны, чем ясность.

Евклид (300 г. до н.э.) дает определение консонанса и диссонанса, которое вряд ли можно улучшить с точки зрения точности слов. Созвучие (συμφωνία) двух тонах, он говорит, представляет собой смесь, смешение (κρᾶσις) этих двух тонов; диссонанс (διαφωνία), с другой стороны, - это неспособность тональные смесь (ἀμιξία), в результате чего они сделаны жесткие на ухо. Человек, который знает правильное объяснение явления, слышит, как оно, так сказать, отражается в этих словах Евклида. Тем не менее, Евклид не знал истинной причины гармонии. Он невольно подошел очень близко к истине, но по-настоящему не постиг ее.

Лейбниц (1646-1716 гг. н.э.) вернулся к вопросу, который его предшественники оставили нерешенным. Он, конечно, знал, что музыкальные ноты создаются вибрациями, что октаве соответствует в два раза больше вибраций, чем основному тону, и т.д. Страстный любитель математики, он искал причину гармонии в тайном вычислении и сравнении простых чисел вибраций и в тайном удовлетворении души этим занятием. Но как, спрашиваем мы, если человек не знает, что музыкальные ноты - это вибрации? Вычисление и удовлетворение от

вычисления действительно должны быть довольно секретными, если это неизвестно. Какие странные идеи бывают у философов! Можно ли представить себе что-либо более утомительное, чем вычисление как принцип эстетики? Да, вы не совсем ошибаетесь в своем предположении, но вы можете быть уверены, что теория Лейбница не является полной бессмыслицей, хотя трудно точно понять, что он имел в виду под своими секретными вычислениями.

Великий Эйлер (1707-1783), почти как Лейбниц, искал причину гармонии в удовольствии, которое душа получает от созерцания порядка в числах вибраций.[10]

Рамо и Д'Аламбер (1717-1783) подошли ближе к истине. Они знали, что в каждом звуке, доступном в музыке, помимо основной ноты, можно услышать также двенадцатую и следующую более высокую терцию; и более того, сходство между основным тоном и его октавой всегда было сильно выражено. Соответственно, сочетание октавы, пятой, терции и т.д. с основным тоном казалось им "естественным". Мы должны признать, что у них была правильная точка зрения; но простой естественностью явления ни один исследователь не может удовлетвориться; ибо именно эту естественность он ищет в своих объяснениях.

Замечание Рамо пронеслось через весь современный период, но не привело к полному открытию истины. Маркс ставит его во главу своей теории композиции, но не применяет его далее. Кроме того, Гете и Цельтер в своей переписке были, так сказать, на грани истины. Зелтер знал о точке зрения Рамо. Наконец, вы будете потрясены сложностью проблемы, когда я скажу вам, что до самого недавнего времени даже профессора физики были немы, когда их спрашивали, каковы причины гармонии.

Только совсем недавно Гельмгольц нашел решение этого вопроса. Но чтобы прояснить вам это решение, я должен сначала рассказать о некоторых экспериментальных принципах физики и психологии.

1) В каждом процессе восприятия, в каждом наблюдении внимание играет чрезвычайно важную роль. Нам не нужно долго искать доказательства этого. Вы получаете, например, письмо, написанное очень некачественным почерком. Приложите все усилия, вы не сможете его разобрать. Вы соединяете вместе то эти, то те строки, но не можете составить из них ни одного внятного символа. Чтение письма возможно только после того, как вы направите свое внимание на группы строк, которые действительно связаны друг с другом. Рукописи, буквы которых состоят из мельчайших фигурок и завитков, можно прочесть только на значительном расстоянии, где внимание больше не отвлекается от значимых очертаний к деталям. Прекрасным примером этого класса являются работы знаменитых иконописцев Джузеппе Арчимбольдо в подвале галереи Бельведер в Вене. Это символические изображения воды, огня и т.д.: человеческие головы, составленные из водных животных и горючих материалов. На небольшом расстоянии видны только детали, на большем - только фигура в целом. И все же можно легко найти точку, в которой простым произвольным движением внимания нетрудно увидеть то фигуру целиком, то более мелкие формы, из которых она состоит. Часто можно увидеть картину, изображающую гробницу Наполеона. Гробница окружена темными деревьями, между которыми в качестве фона видны яркие небеса. Можно долго смотреть на эту картину, не замечая ничего, кроме деревьев, но вдруг, случайно обратив внимание на яркий фон, видишь фигуру Наполеона между деревьями. Этот случай очень отчетливо показывает нам

важную роль, которую играет внимание. Один и тот же чувственный объект может, исключительно благодаря вмешательству внимания, вызывать совершенно различные восприятия.

Если я возьму гармонию или аккорд на этом пианино, простым усилием внимания вы сможете зафиксировать каждый тон этой гармонии. Затем вы наиболее отчетливо слышите фиксированный тон, а все остальное воспринимается как простое дополнение, изменяющее только качество, или акустическую окраску, основного тона. Эффект одной и той же гармонии существенно изменяется, если мы направляем наше внимание на разные тона.

Возьмите последовательно две гармонии, например, две, представленные на прилагаемой схеме, и сначала зафиксируйте внимание на верхней ноте *е*, затем на базовой *е-а*; в обоих случаях вы услышите одну и ту же последовательность гармоний по-разному. В первом случае у вас создается впечатление, что фиксированный тон остался неизменным и просто изменил свой*тембр*; во втором случае вся акустическая агломерация, кажется, ощутимо уменьшается в глубине. Существует искусство композиции, направляющее внимание слушателя. Но есть также искусство слышать, которым обладает не каждый человек.

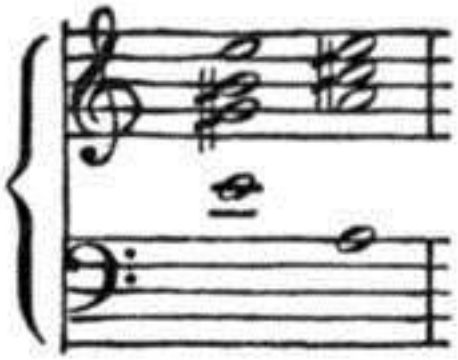


Рис. 9.

Пианист знает, какие замечательные эффекты получаются, когда одна из клавиш взятого аккорда отпускается. Такт 1, сыгранный на пианино, звучит почти так же, как такт 2. Нота, лежащая рядом с отпущенной клавишей, звучит после ее отпускания так, как если бы ее только что ударили. Внимание, больше не занятое верхней нотой, благодаря самому этому факту незаметно переносится на верхнюю ноту.

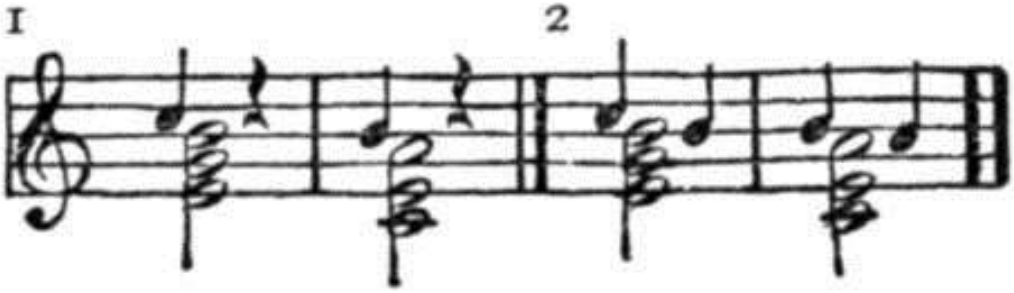


Рис. 10.

Любой достаточно развитый музыкальный слух способен разложить гармонию на составные части. При длительной практике мы можем пойти еще дальше. Тогда каждый музыкальный звук, до сих пор считавшийся простым, может быть разложен на подчиненную последовательность музыкальных тонов. Например, если я возьму на пианино ноту 1 (прилагаемая схема), мы услышим, если приложим необходимое усилие внимания, помимо громкой основной ноты, более слабые, более высокие обертоны или гармоники, 2-7, то есть октаву, двенадцатую, двойную октаву, а также третью, пятую и седьмую из двойной октавы.

Рис. 11.

То же самое верно и для любого доступного музыкального звука. Каждый из них издает, с разной степенью интенсивности, помимо своей основной ноты, также октаву, двенадцатую, двойную октаву и т.д. Это явление можно наблюдать с помощью специального оборудования на открытых и закрытых дымовых трубах органов. Согласно этому, по мере того, как определенные обертоны более или менее отчетливо подчеркиваются в звуке, меняется *тембр* звука — то особое качество звука, по которому мы отличаем музыку фортепиано от музыки скрипки, кларнета и т.д.

На фортепиано эти обертоны можно очень легко услышать. Если я, например, резко возьму 1-ю ноту из предыдущей серии, в то время как я просто нажимаю одну за другой клавиши 2, 3, ... 7, ноты 2, 3, ... 7 будут продолжать звучать после удара 1, потому что струны, соответствующие этим нотам, теперь освобожденные от своих демпферов, начинают вибрировать в согласии.

Как вы знаете, эту сочувственную вибрацию струн одинакового тона с обертонами на самом деле следует воспринимать не как сочувствие, а скорее как безжизненную механическую необходимость. Мы не должны думать об этой сочувственной вибрации так, как ее изобразил гениальный журналист, рассказывающий ужасную историю о сонате фа минор Бетховена, Соч. 2, которую я не могу от вас утаить. "На последней Лондонской промышленной выставке девятнадцать виртуозов сыграли сонату фа минор на одном фортепиано. Когда двадцатый подошел к инструменту, чтобы сыграть в виде вариации то же самое произведение, к ужасу всех

присутствующих, фортепиано начало исполнять сонату само по себе. Архиепископ Кентерберийский, случайно присутствовавший при этом, взялся за дело и немедленно изгнал фа-минорного дьявола".

Хотя обертоны или гармоники, которые мы обсуждали, слышны только при особом напряжении внимания, тем не менее они играют чрезвычайно важную роль в формировании музыкального *тембра*, а также в создании созвучия и диссонанса звуков. Это может показаться вам странным. Как вещь, которую можно услышать только при исключительных обстоятельствах, может иметь значение для прослушивания в целом?

Но подумайте о некоторых знакомых случаях из вашей повседневной жизни. Подумайте о том, сколько вещей вы видите, которых не замечаете, которые никогда не привлекают вашего внимания,пока они не пропадут без вести. К вам заходит друг; вы не можете понять, почему он выглядит таким изменившимся. Только при ближайшем рассмотрении вы обнаруживаете, что его волосы были подстрижены. Нетрудно отличить издателя произведения от его типографии, и все же никто не может точно указать, по каким признакам этот стиль шрифта так разительно отличается от того стиля, который был написан ранее. Я часто узнавал книгу, которую искал, по простому листу белой бумаги без надписей, который выглядывал из-под груды книг, покрывавших его, и все же я никогда внимательно не рассматривал эту бумагу и не мог определить ее отличие от других бумаг.

Следовательно, мы должны помнить, что каждый звук, доступный в музыкальном плане, содержит, помимо своей основной ноты, свою октаву, свою двенадцатую, свою двойную октаву и т.д. В виде обертонов или гармоник, и что они важны для приятного сочетания нескольких музыкальных звуков.

2) Остается разобраться еще с одним фактом. Взгляните на этот камертон. При ударе по нему получается идеально ровный тон. Но если вы ударите вместе с ним второй вилкой, которая имеет немного другой звук и которая сама по себе также дает совершенно ровный звук, вы услышите, если положите обе вилки на стол или поднесете обе к уху, уже не равномерный звук, а несколько ударов тонов. Скорость ударов увеличивается с увеличением шага вил. Эти толчки, которые становятся очень неприятными для уха, когда их количество достигает тридцати трех в секунду, называются "ударами".

Всегда, когда один из двух похожих музыкальных звуков выбивается из унисона с другим, возникают ритмы. Их количество увеличивается с отклонением от унисона, и одновременно они становятся более неприятными. Их шероховатость достигает максимума примерно при тридцати трех ударах в секунду. При еще большем отклонении от унисона и последующем увеличении количества тактов неприятный эффект уменьшается, так что тоны, которые сильно различаются по высоте, больше не производят оскорбительных тактов.

Чтобы составить себе четкое представление о производстве ритмов, возьмите два метронома и установите их почти одинаково. Вы можете, если уж на то пошло, установить два совершенно одинаковых. Вам не нужно опасаться, что они будут бить одинаково. Метрономы, которые обычно продаются в магазинах, достаточно плохие, чтобы при одинаковой настройке давать заметно неравные удары. Приведите теперь в движение эти два метронома, которые бьют с неравными интервалами; вы легко увидите, что их удары попеременно совпадают и вступают в

конфликт друг с другом. Чередование происходит тем быстрее, чем больше разница во времени между двумя метрономами.

Если под рукой нет метрономов, эксперимент можно провести с двумя часами.

Удары возникают таким же образом. Ритмические удары двух звучащих тел разной высоты иногда совпадают, иногда интерферируют, в результате чего они попеременно усиливают и ослабляют воздействие друг друга. Отсюда неприятное, похожее на шок повышение тона.

Теперь, когда мы познакомились с обертонами и ритмами, мы можем перейти к ответу на наш главный вопрос: почему определенные соотношения высоты звука производят приятные звуки, созвучия, а другие неприятные звуки, диссонансы? Легко увидеть, что все неприятные эффекты одновременных звуковых комбинаций являются результатом ударов, производимых этими комбинациями. Удары - единственный грех, единственное зло музыки. Созвучие - это слияние звуков без заметных ударов.

a
b
1
1
2
2
3
3
4
4
5
5

Чтобы вам было совершенно ясно это, я построил модель, которую вы видите на рис. 12. Она представляет собой клавиатуру. На его вершине размещена подвижная полоска дерева*aa* с отметками 1, 2...6. Установив эту полоску в любом положении, например, в том, где отметка 1 находится над нотой *c* клавиша, отметки 2, 3... 6, как вы видите, стоят над обертонами *c*. То же самое происходит, когда полоска помещается в любое другое положение. Вторая, точно такая же полоска, *bb*, обладает теми же свойствами. Таким образом, вместе две полосы в любых двух положениях обозначают своими метками все тона, вступающие в игру при одновременном звучании нот, обозначенных метками 1.

Две полосы, расположенные над одной и той же основной нотой, показывают, что все обертоны этих нот совпадают. Первая нота просто усиливается другой. Отдельные обертоны звука расположены слишком далеко друг от друга, чтобы можно было различить заметные такты. Второй звук не дает ничего нового, следовательно, также нет новых тактов. Унисон - это самое совершенное созвучие.

Перемещение одной из двух полос вдоль другой эквивалентно отклонению от унисона. Все обертоны одного звука теперь ложатся рядом с обертонами другого; сразу же возникают ритмы; сочетание тонов становится неприятным: мы получаем диссонанс. Если мы будем продвигать полосу все дальше и дальше, мы обнаружим, что, как правило, обертоны всегда ложатся рядом друг с другом, то есть всегда создают ритмы и диссонансы. Лишь в нескольких вполне определенных позициях обертоны частично совпадают. Следовательно, такие позиции означают более высокие степени благозвучия — они указывают на*интервалы между согласными*.

Эти интервалы между согласными можно легко найти экспериментально, вырезав рисунок 12 из бумаги и перемещая *bb* вдоль *aa*. Наиболее совершенными созвучиями являются октава и двенадцатая, поскольку в этих двух случаях обертоны одного звука абсолютно совпадают с обертонами другого. В октаве, например, 1*b* приходится на 2*a*, 2*b* на 4*a*, 3*b* на 6*a*. Следовательно, созвучия - это одновременные звукосочетания, не сопровождающиеся неприятными ударами. Это, кстати, выражено по-английски тем же, что Евклид сказал по-гречески.

Согласными являются только те звуки, которые обладают некоторой общей частью своих частичных тонов. Очевидно, что мы должны признать между такими звуками, также произносимыми один за другим, определенное сходство. Ибо второй звук, благодаря общим обертонам, будет вызывать отчасти те же ощущения, что и первый. Октава является наиболее ярким примером этого. Когда мы достигаем октавы при подъеме гаммы, нам на самом деле кажется, что мы слышим повторение основного тона. Следовательно, основы гармонии - это основы мелодии.

Созвучие - это слияние звуков без заметных ударов! Этот принцип способен внести замечательный порядок и логику в доктрины фундаментального баса. Сборники теории гармонии, которые (Небеса тому свидетели!) до сих пор мало уступали кулинарным книгам в тонкости логики, представлены необычайно ясно и просто. И более того, все, что великие мастера, такие как Палестрина, Моцарт, Бетховен, бессознательно понимали правильно и о чем до сих пор ни один учебник не мог дать точного описания, получает из предыдущего принципа свое совершенное подтверждение.

Но красота теории в том, что она несет на себе печать истины. Это не фантом мозга. Каждый музыкант может сам услышать ритмы, которые издают обертоны его музыкальных звуков. Каждый музыкант может убедиться, что для любого данного случая количество и резкость тактов могут быть рассчитаны заранее и что они звучат в точности в той мере, которую определяет теория.

Это ответ, который дал Гельмгольц на вопрос Пифагора, насколько это можно объяснить средствами, находящимися сейчас в моем распоряжении. Между постановкой и разрешением этого вопроса проходит длительный период времени. Не раз выдающиеся исследователи оказывались ближе к ответу, чем они мечтали.

Вопрошающий ищет истину. Я не знаю, ищет ли истина вопрошающего. Но если бы это было так, то история науки живо напомнила бы нам об этом классическом свидании, так часто увековечиваемом художниками и поэтами. Высокая садовая стена. Справа юноша, слева девушка. Юноша вздыхает, девушка вздыхает! Оба ждут. Ни один не подозревает, как близок другой.

Мне нравится это сравнение. Истина терпит, когда за ней ухаживают, но у нее явно нет желания быть завоеванной. Временами она бесстыдно флиртует. Прежде всего, она полна решимости быть достойной и не испытывает ничего, кроме презрения к мужчине, который завоюет ее слишком быстро. И если, конечно, кто-то ломает голову в своих усилиях завоевания, какое это имеет значение, придет другой, а истина всегда молода. Временами, действительно, кажется, что она была хорошо расположена к своему поклоннику, но это признавалось — никогда! Только когда Истина находится в исключительно хорошем расположении духа, она одаривает своего жениха ободряющим взглядом. Ибо, думает Истина, если я ничего не сделаю, в конце концов этот парень вообще не будет меня искать.

Таким образом, этот единственный фрагмент истины у нас есть, и он никогда не ускользнет от нас. Но когда я размышляю о том, чего это стоило в труде и в жизнях мыслящих людей, о том, как она мучительно нащупывала свой путь сквозь века, как полузрелая мысль, прежде чем стала законченной; когда я размышляю о том, что в этой моей ненавязчивой модели говорит более чем двухтысячелетний труд, тогда, не скрывая, я почти раскаиваюсь в своей шутке.

И подумайте о том, как многого нам все еще не хватает! Когда через несколько тысяч лет сапоги, цилиндры, обручи, пианино и бас-виолы будут извлечены из земли, из новейшего наносного слоя в виде окаменелостей девятнадцатого века; когда ученые того времени продолжат свои исследования как этих замечательных сооружений, так и наших современных мостовых, подобно тому, как мы сегодня изучаем орудия каменного века и доисторические озерные жилища, - тогда, возможно, люди также не смогут понять, как мы могли подойти так близко ко многим великим истинам, не постигнув их. И таким образом, это навсегда неразрешенный диссонанс, навсегда вызывающий беспокойство седьмой, который повсюду звучит в наших ушах; мы чувствуем, возможно, что он найдет свое разрешение, но мы никогда не доживем до дня чистого тройственного согласия, как и наши самые отдаленные потомки.

Дамы, если цель вашей жизни - сеять смятение, то цель моей - быть ясной; и поэтому я должен признаться вам в небольшом проступке, в котором я был виновен. В одном пункте я сказал вам неправду. Но вы простите мне эту ложь, если в полном раскаянии я исправлю ее. Модель, представленная на рис. 12, не говорит всей правды, поскольку основана на так называемой

системе настройки "ровного темперамента". Обертоны музыкальных звуков, однако, не смягчены, а чисто настроены. Благодаря этой небольшой неточности модель значительно упрощена. В таком виде он полностью пригоден для обычных целей, и тому, кто использует его в своих исследованиях, не нужно опасаться заметной ошибки.

Однако, если бы вы потребовали от меня полной правды, я мог бы дать вам ее только с помощью математической формулы. Мне пришлось бы взять в руки мел и — подумать только! — считать в вашем присутствии. Вы могли бы неправильно это воспринять. И этого не произойдет. Я решил больше не рассчитывать на сегодняшний день. Теперь я буду рассчитывать только на ваше терпение, и вы, конечно, не станете мне перечить, если подумаете, что я лишь в ограниченной степени воспользовался своей привилегией утомить вас. Я мог бы отнять у вас гораздо больше времени и поэтому могу справедливо закончить эпиграммой Лессинга:

"Если ты не нашел на всех этих страницах ничего, достойного благодарности,
по крайней мере, будь благодарен за то, что я пощадил тебя".

СКОРОСТЬ СВЕТА.

Когда судья по уголовным делам имеет перед собой настоящего ловкого мошенника, хорошо сведущего в искусстве увиливания от ответственности, его главная цель - несколькими искусными вопросами добиться признания от преступника. Почти в таком же положении, по-видимому, находится натурфилософ по отношению к природе. Правда, его функции здесь скорее функции шпиона, чем судьи; но его цель остается в значительной степени той же. Ее скрытые мотивы и законы действия - это то, в чем природу нужно заставить признаться. Будет ли добыто признание, зависит от проницательности спрашивающего. Поэтому лорд Бэкон недаром назвал экспериментальный метод вопрошанием природы. Искусство состоит в том, чтобы так ставить наши вопросы, чтобы они не могли остаться без ответа без нарушения этикета.

Взгляните также на бесчисленные инструменты, машины и орудия пыток, с помощью которых человек исследует природу и которые высмеивают слова поэта:

"Таинственная даже днем,
Природа сохраняет свою завесу, несмотря на наши крики;
То, что она не выставляет напоказ по своей воле,
Нельзя вырвать у нее рычагами, шурупами и молотками".

Посмотрите на эти инструменты, и вы увидите, что сравнение с пыткой также допустимо.[11]

Этот взгляд на природу как на нечто намеренно скрытое от человека, что может быть открыто только силой или нечестностью, лучше соответствовал представлениям древних, чем современным представлениям. Один греческий философ однажды сказал, высказывая свое мнение о естествознании своего времени, что богам могло быть неприятно видеть, как люди пытаются выведать то, что боги не собирались им открывать.[12] Конечно, не все современники оратора разделяли его мнение.

Следы этого взгляда все еще можно обнаружить сегодня, но в целом мы теперь не столь узколобы. Мы больше не верим, что природа намеренно скрывает себя. Теперь мы знаем из истории науки, что наши вопросы иногда бессмысленны, и что, следовательно, никакогоответа быть не может. Скоро мы увидим, что человек со всеми его мыслями и поисками - всего лишь фрагмент жизни природы.

Тогда представьте себе, как подсказывает ваше воображение, орудия труда физика как орудия пыток или как орудия ласки, во всяком случае, глава из истории этих орудий будет вам интересна, и вам не будет неприятно узнать, какие особые трудности привели к изобретению такого странного устройства.

Галилей (родился в Пизе в 1564 году, умер в Арчетри в 1642 году) был первым, кто задался вопросом, какова скорость света, то есть сколько времени потребуется свету, попавшему в одно место, чтобы стать видимым в другом, на определенном расстоянии.[13]

Метод, который разработал Галилей, был столь же прост, сколь и естественен. Два опытных наблюдателя с приглушенными фонарями должны были занять позиции темной ночью на значительном расстоянии друг от друга, один в*А* и один в *Б*. В заранее оговоренный момент *А* получил указание снять маску со своего фонаря; в то время как, как только *Б* увидел свет фонаря *А*, он должен был снять маску со своего. Теперь ясно, что время, которое *А* отсчитывал от того, как снял крышку со своего фонаря, до того, как он увидел свет *В*, было бы временем, которое потребовалось бы свету, чтобы пройти от *А* до *В* и от *В* обратно к *А*.

Рис. 13.

Эксперимент не был проведен, и в силу особенностей случая он не мог быть успешным. Как мы теперь знаем, свет распространяется слишком быстро, чтобы его можно было заметить таким образом. Время, проходящее между появлением света в точке *В* и его восприятием наблюдателем, а также между принятием решения раскрыть фонарь и его расчехлением, как мы теперь знаем, несравнимо больше времени, которое требуется свету, чтобы преодолеть величайшие земные расстояния. Огромная скорость света станет очевидной, если мы вспомним, что вспышка молнии ночью мгновенно освещает очень обширную область, в то время как одиночные отраженные раскаты грома достигают уха наблюдателя очень постепенно и в заметной последовательности.

Таким образом, при его жизни попытки Галилея определить скорость света так и не увенчались успехом. Но последующая история измерения скорости света тесно связана с его именем, поскольку с помощью сконструированного им телескопа он обнаружил четыре спутника Юпитера, и они предоставили следующий повод для определения скорости света.

Земные пространства были слишком малы для эксперимента Галилея. Измерение было впервые выполнено, когда использовались пространства планетной системы. Олаф Ремер (родился в Аархуусе в 1644 году, умер в Копенгагене в 1710 году) совершил подвиг (1675-1676), наблюдая вместе с Кассини в Парижской обсерватории за вращением спутников Юпитера.

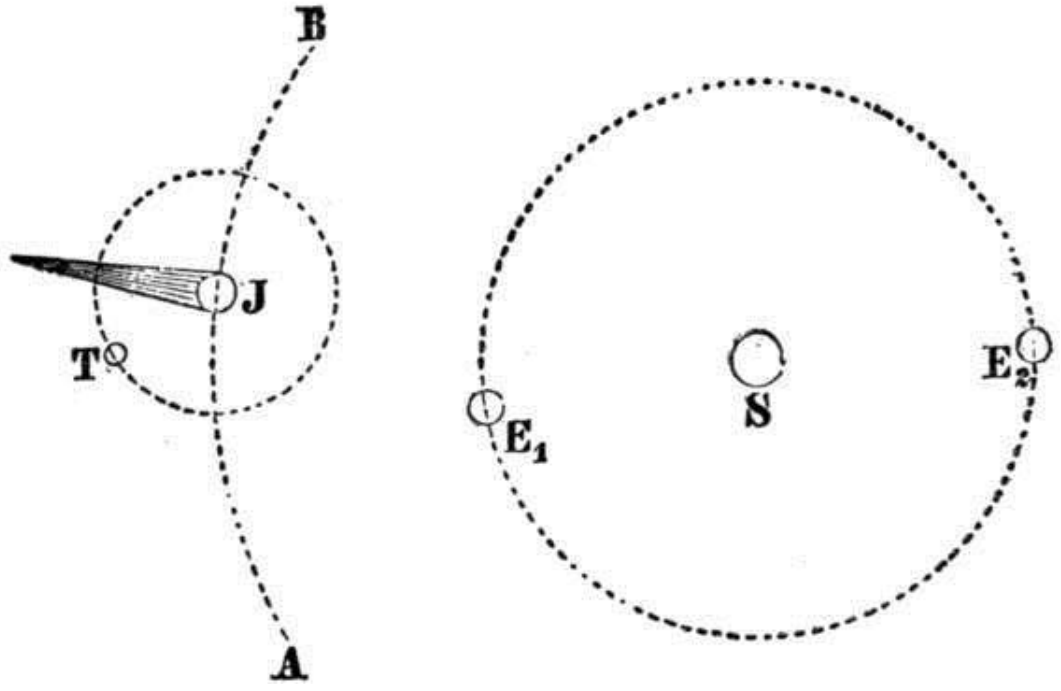


Рис. 14.

Пусть *AB* (рис. 14) - орбита Юпитера. Пусть *S* обозначает солнце, *E* - землю, *J* - Юпитер и *T* для первого спутника Юпитера. Когда земля находится в точке E_1, мы видим, что спутник регулярно входит в тень Юпитера, и, наблюдая за временем между двумя последовательными затмениями, можем рассчитать время его обращения. Время, которое отметил Ремер, составляло сорок два часа, двадцать восемь минут и тридцать пять секунд. Теперь, по мере того как земля движется по своей орбите в направлении E_2, обороты спутника становятся, по-видимому, все длиннее и длиннее: затмения происходят все позже и позже. Наибольшее замедление затмения, которое происходит, когда земля находится в точкеE_2, составляет шестнадцать минут и двадцать шесть секунд. По мере того, как земля снова переходит к E_1, обороты становятся, по-видимому, короче, и они происходят точно в то же время, что и в первый раз, когда земля достигаетE_1. Следует отметить, что Юпитер лишь очень незначительно меняет свое положение за один оборот земли. Ремер сразу догадался, что эти периодические изменения времени обращения спутника Юпитера были не реальными, а кажущимися изменениями, которые каким-то образом были связаны со скоростью света.

Давайте проясним для себя этот вопрос с помощью сравнения. Мы регулярно получаем по почте новости о политическом положении в нашей столице. Как бы далеко мы ни были от столицы, мы узнаем новости о каждом событии, правда, позже, но обо всех одинаково поздно. События доходят до нас через тот же промежуток времени, в котором они произошли. Но если мы путешествуем вдали от столицы, то каждый последующий пост будет проходить большее расстояние, и события будут доходить до нас медленнее, чем они происходили. Обратное будет иметь место, если мы приближаемся к столице.

В состоянии покоя мы слышим музыкальное произведение, исполняемое в одном и том же *темпе* на любом расстоянии. Но *темп* будет казаться ускоренным, если нас быстро унесет к группе, или замедленным, если нас быстро унесет от нее.[14]

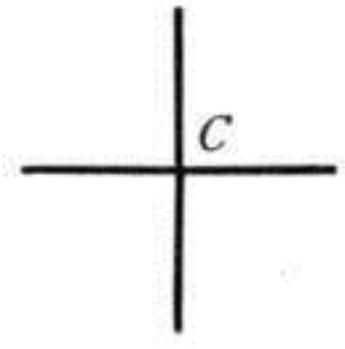


Рис. 15.

Представьте себе крест, скажем, паруса ветряной мельницы (рис. 15), равномерно вращающиеся вокруг своего центра. Очевидно, что вращение креста покажется вам более медленным, если вас очень быстро унесет от него. Ибо почта, которая в данном случае передает вам свет и сообщает вам новости о последовательных положениях креста, должна будет проходить в каждое последующее мгновение более длинный путь.

Теперь то же самое должно быть и с вращением спутника Юпитера. Наибольшее замедление затмения (16-1/2 минуты), обусловленное прохождением Земли отE_1 до E_2 или удалением ее от Юпитера на расстояние, равное диаметру земной орбиты, явно соответствует времени, которое требуется свету, чтобы преодолеть расстояние, равное диаметру земной орбиты. Скорость света, то есть расстояние, описываемое светом за секунду, определенное этим расчетом, составляет 311 000 километров,[15] или 193 000 миль. Последующая коррекция диаметра земной орбиты тем же методом дает скорость света, равную приблизительно 186 000 миль в секунду.

Метод в точности такой же, как у Галилея; выбраны только лучшие условия. Вместо короткого земного расстояния мы имеем диаметр земной орбиты в триста семь миллионов километров; вместо открытых и прикрытых фонарей у нас есть спутник Юпитера, который попеременно появляется и исчезает. Таким образом, Галилей, хотя и не мог сам провести предлагаемое измерение, нашел фонарь, с помощью которого оно в конечном итоге было выполнено.

Физики недолго оставались довольны этим прекрасным открытием. Они искали более простые методы измерения скорости света, такие, которые можно было бы использовать на земле. Это стало возможным после того, как были четко выявлены трудности задачи. Измерение, о котором идет речь, было выполнено в 1849 году Физо (родился в Париже в 1819 году).

Я постараюсь разъяснить вам принцип работы аппарата Физо. Пусть *s* (рис. 16) представляет собой диск, который может свободно вращаться вокруг своего центра и перфорирован по краю рядом отверстий. Пусть *l* - светящаяся точка, отбрасывающая свой свет на несеребряное стекло, *a*, наклоненное под углом сорок пять градусов к оси диска. Луч света, отраженный в этой

точке, проходит через одно из отверстий диска и падает под прямым углом на зеркало *b*, установленное в точке примерно в пяти милях от него. От зеркала *b* свет снова отражается, еще раз проходит через отверстие в *s* и, проникая сквозь стеклянную пластинку, наконец попадает в глаз *o* наблюдателя. Глаз, *o*, таким образом, видит изображение светящейся точки *l* через стеклянную пластинку и отверстие диска в зеркале *b*.

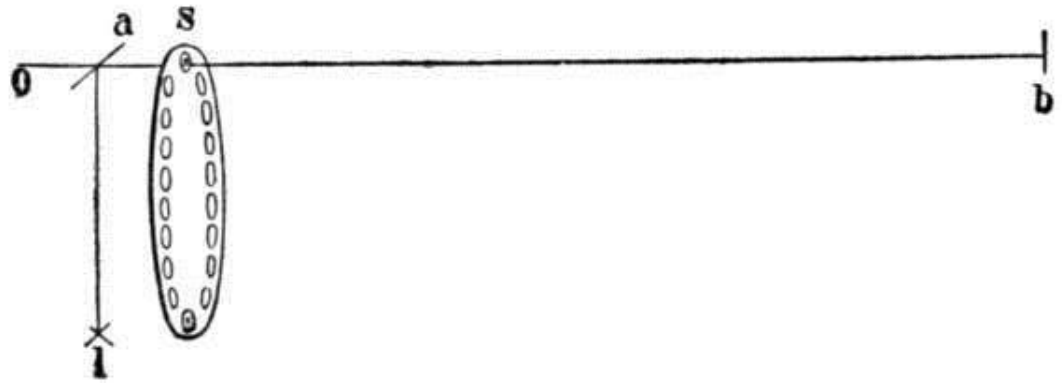


Рис. 16.

Если теперь вращать диск, то незаконченные промежутки между отверстиями будут поочередно заменять отверстия, и глаз о теперь будет видеть изображение светящейся точки в*b* только через определенные промежутки времени. Однако при увеличении скорости вращения перерывы для глаза снова становятся незаметными, и глаз видит, что зеркало *b* равномерно освещено.

Но все это справедливо только для относительно небольших скоростей диска, когда свет, посланный через отверстие за *секунду* до *b*, на обратном пути попадает в отверстие почти в том же месте и проходит через него во второй раз. Представьте себе теперь, что скорость диска увеличилась настолько, что свет, возвращаясь, обнаруживает перед собой непрорезанное пространство вместо отверстия, и тогда он больше не сможет достигать глаза. Тогда мы видим зеркало *b* только тогда, когда от него не исходит свет, но только тогда, когда на него направляется свет; оно закрыто, когда от него исходит свет. В этом случае, соответственно, зеркало всегда будет казаться темным.

Если бы скорость вращения в этой точке была еще больше увеличена, свет, прошедший через одно отверстие, конечно, не смог бы при возвращении пройти через то же отверстие, но мог бы попасть в следующее и через него достичь глаза. Следовательно, при постоянном увеличении скорости вращения зеркало*b* может выглядеть попеременно то ярким, то темным. Теперь, очевидно, если мы знаем количество отверстий диска, количество оборотов в секунду и расстояние *sb*, мы можем рассчитать скорость света. Результат согласуется с результатом, полученным Ремером.

Эксперимент не совсем так прост, как может показаться из моего изложения. Необходимо позаботиться о том, чтобы свет перемещался взад и вперед на расстояния *sb* и *bs* не рассеиваясь. Эта трудность устраняется с помощью телескопов.

Если мы внимательно изучим аппарат Физо, то узнаем в нем старого знакомого: устройство эксперимента Галилея. Светящаяся точка*l* - это фонарь *A*, в то время как вращение перфорированного диска механически раскрывает и закрывает фонарь. Вместо неискушенного наблюдателя *B* у нас есть зеркало *b*, которое неизменно загорается в тот момент, когда свет исходит от *s*. *Диски*, попеременно передавая и перехватывая отраженный свет, помогают наблюдателю *o*. Эксперимент Галилея здесь выполняется, так сказать, бесчисленное количество раз за секунду, но общий результат допускает фактическое наблюдение. Если мне простят использование фразы Дарвина в этой области, я бы сказал, что аппарат Физо был потомком фонаря Галилея.

Фуко использовал еще более утонченный и деликатный метод измерения скорости света, но его описание здесь увело бы нас слишком далеко от нашей темы.

Измерение скорости звука легко выполняется по методу Галилея. Поэтому физикам не было необходимости дальше ломать голову над этим вопросом; но идея, которая со светом возникла из необходимости, была применена и в этой области. Кениг из Парижа сконструировал прибор для измерения скорости звука, который тесно связан с методом Физо.

Устройство очень простое. Оно состоит из двух электрических часовых механизмов, которые бьют одновременно с идеальной точностью до десятых долей секунды. Если мы расположим два часовых механизма вплотную друг к другу, мы услышим их удары одновременно, где бы мы ни стояли. Но если мы встанем рядом с одной из работ, а другую разместим на некотором расстоянии от нас, то в целом совпадения штрихов теперь не будет слышно. Сопутствующие удары дистанционного часового механизма поступают в виде звука позже. Первый удар удаленного рабочего органа слышен, например, сразу после первого из соседних рабочих органов и так далее. Но, увеличив расстояние, мы можем снова добиться совпадения штрихов. Например, первый штрих удаленной работы совпадает со вторым штрихом ближней работы, второй штрих удаленной работы совпадает с третьим штрихом ближней работы и так далее. Если теперь звук срабатывает за десятые доли секунды и расстояние между ними увеличивается до тех пор, пока не будет отмечено первое совпадение, то очевидно, что звук преодолевает это расстояние за десятую долю секунды.

Мы часто сталкиваемся с представленным здесь феноменом, заключающимся в том, что мысль, для создания которой необходимы столетия медленных и болезненных усилий, будучи однажды развитой, довольно успешно развивается. Она распространяется и проникает повсюду, даже в умы, в которых никогда не могла возникнуть. Ее просто невозможно искоренить.

Определение скорости света - не единственный случай, когда непосредственное восприятие органов чувств слишком медленно и неуклюже для использования. Обычный метод изучения событий, слишком быстрых для непосредственного наблюдения, состоит во взаимодействии с ними других, уже известных событий, скорости всех из которых поддаются сравнению. Результат обычно безошибочен и поддается прямому заключению относительно характера неизвестного события. Скорость электричества не может быть определена прямым наблюдением. Но это было установлено Уитстоуном просто путем наблюдения электрической искры в зеркале, вращающемся с известной огромной скоростью.

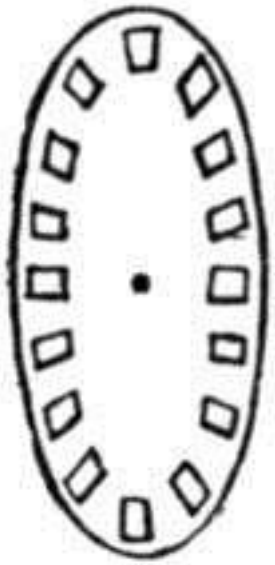


Рис. 17.

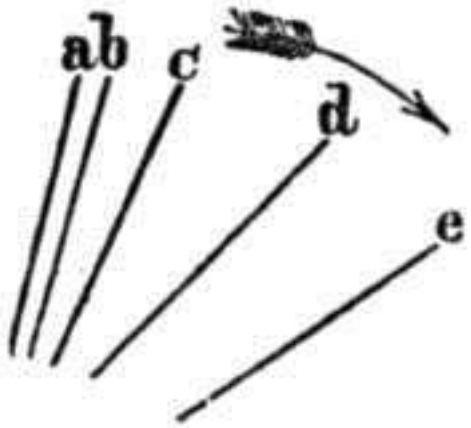


Рис. 18.

Если мы нерегулярно размахиваем посохом туда-сюда, простое наблюдение не может определить, насколько быстро он движется в каждой точке своего курса. Но давайте посмотрим на посох через отверстия в ободе быстро вращающегося диска (рис. 17). Тогда мы увидим движущийся посох только в определенных положениях, а именно, когда отверстие проходит перед глазом. Отдельные изображения посоха некоторое время остаются запечатленными на глазу; нам кажется, что мы видим несколько посохов, расположенных примерно так, как показано на рис. 18. Если теперь отверстия в диске расположены на одинаковом расстоянии друг от друга, а диск вращается с одинаковой скоростью, мы ясно видим, что посох медленно перемещался от *a* к *b*, быстрее от *b* к *c*, еще быстрее от *c* к *d*, и с наибольшей скоростью от *d* к *e*..

Струя воды, вытекающая из отверстия на дне сосуда, выглядит совершенно спокойной и однородной, но если мы осветим ее на секунду в темной комнате с помощью электрической вспышки, мы увидим, что струя состоит из отдельных капель. При быстром падении изображения капель стираются, и струя кажется однородной. Давайте посмотрим на струю

через вращающийся диск. Предполагается, что диск вращается так быстро, что в то время, как второеотверстие проходит на место первого, капля 1 попадает на место 2, 2 - на место 3 и так далее. Тогда мы видим капли всегда в одних и тех же местах. Кажется, что струя находится в состоянии покоя. Если мы повернем диск немного медленнее, то в то время, как второе отверстие займет место первого, капля 1 упадет несколько ниже, чем 2, 2 несколько ниже, чем 3, и т.д. Через каждое последующее отверстие мы будем видеть капли в последовательно более низких положениях. Будет казаться, что струя медленно течет вниз.

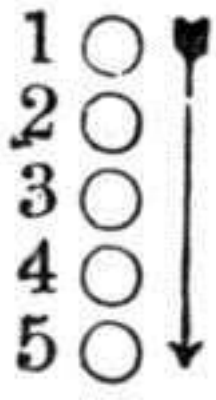


Рис. 19.

Теперь давайте вращать диск быстрее. Затем, в то время как второе отверстие переходит на место первого, капля 1 не совсем достигнет места 2, но будет найдена немного выше 2, 2 немного выше 3 и т.д. Через последовательные отверстия мы увидим капли в последовательно более высоких местах. Теперь это будет выглядеть так, как если бы струя текла вверх, как если бы капли поднимались из нижнего сосуда в более высокий.

Видите ли, физика постепенно становится все более и более ужасной. Физик скоро сможет сыграть роль знаменитого омара, прикованного ко дну озера Морин, чья ужасная миссия, если она когда-либо будет реализована, поэт Копиш с юмором описывает как переворот всех событий в мире; стропила домов снова становятся деревьями, коровы телятами, медоносные цветы, куриные яйца, а собственное стихотворение поэта снова стекает в его чернильницу.

Теперь вы позволите мне высказать несколько общих замечаний. Вы видели, что один и тот же принцип часто лежит в основе больших классов устройств, предназначенных для различных целей. Часто это какая-то очень ненавязчивая идея, которая приносит столько плодов и приводит к таким обширным преобразованиям в физической технике. Здесь это происходит не иначе, как в практической жизни.

Колесо от телеги кажется нам очень простым и незначительным созданием. Но его изобретатель, несомненно, был гениальным человеком. Круглый ствол дерева, возможно, впервые случайно привел к наблюдению за легкостью, с которой груз можно перемещать на ролике. Теперь переход отпростого опорного ролика к неподвижному ролику или колесу кажется очень простым. По крайней мере, нам, привыкшим с детства к вращению колеса, это кажется очень простым. Но если мы наглядно представим себя на месте человека, который никогда не видел колеса, но должен был его изобрести, мы начнем иметь некоторое представление о его трудностях. В самом деле, даже сомнительно, мог ли один человек совершить этот подвиг, возможно, не потребовались ли столетия, чтобы создать первое колесо из примитивного ролика.[16]

История не называет имена прогрессивных умов, сконструировавших первое колесо; их время уходит далеко в прошлое. Ни одна научная академия не увенчала их усилия, ни одно общество инженеров не избрало их почетными членами. Они по-прежнему живут только теми колоссальными результатами, которые они вызвали. Заберите у нас руль, и от искусства и отраслей современной жизни мало что останется. Все исчезнет. От прялки к прядильной фабрике, от токарного станка к прокатному стану, от тачки к железнодорожному составу - все исчезает.

В науке колесо не менее важно. Вращающиеся машины, как простейшее средство получения быстрых движений при незначительной смене места, играют важную роль во всех областях физики. Вы знаете вращающееся зеркало Уитстона, колесо Физо, перфорированные вращающиеся диски Plateau и т.д. В основе всех этих устройств лежит почти один и тот же принцип. Они отличаются друг от друга не больше, чем перочинный нож отличается по назначению от ножа анатома или ножа виноградаря. Почти то же самое можно было бы сказать и о винте.

Теперь, возможно, вам станет ясно, что новые мысли не возникают внезапно. Мыслям, как и любому натуральному продукту, требуется время, чтобы созреть, вырасти и развиться, ибо человек со своими мыслями тоже является частью природы.

Медленно, постепенно и кропотливо одна мысль трансформируется в другую, как, по всей вероятности, один вид животных постепенно трансформируется в новый вид. Одновременно возникает множество идей. Они ведут битву за существование не иначе, как ихтиозавр, брахман и лошадь.

Немногие остаются, чтобы быстро распространиться по всем областям знания, быть переработанными, снова разделенными, снова начать борьбу с самого начала. Подобно тому, как многие давно покоренные виды животных, реликты прошлых веков, все еще живут в отдаленных регионах, где их враги не могут добраться до них, точно так же мы обнаруживаем, что завоеванные идеи все еще живут в умах многих людей. Тот, кто внимательно заглянет в свою собственную душу, признает, что мысли сражаются за существование так же упорно, как животные. Кто станет отрицать, что многие побежденные способы мышления все еще преследуют темные уголки его мозга, слишком малодушные, чтобы выйти на ясный свет разума? Какой исследователь не знает, что самая тяжелая битва при трансформации своих идей ведется с самим собой.

Подобные явления встречаются прирожденному исследователю на всех путях и в самых незначительных вопросах. Истинный исследователь ищет истину везде, на своих загородных прогулках и на улицах большого города. Если он не слишком образован, то заметит, что определенные вещи, например дамские шляпки, постоянно меняются. Я не проводил специальных исследований на эту тему, но, сколько я себя помню, одна форма всегда постепенно переходила в другую. Во-первых, они носили шляпы с длинными выступающими полями, под которыми, едва различимое в подзорную трубу, скрывалось лицо прекрасной обладательницы. Ободок становился все меньше и меньше; шляпка по иронии судьбы превратилась в обычную шляпу. Теперь на его месте начинает вырастать огромная надстройка, и только боги знают, каковы будут ее пределы. С дамскими шляпками дело обстоит точно так же, как и с бабочками, разнообразие форм которых часто просто происходит от небольшого нароста на крыле одного вида, развивающегося у родственных видов в огромную складку. У природы тоже есть свои моды, но они длятся тысячи лет. Я мог бы пояснить эту идею множеством дополнительных примеров; например, историей эволюции пальто, если бы не боялся, что мои сплетни могут вам надоесть.

Теперь мы забрели в необычный уголок истории науки. Что мы узнали? Решение небольшой, я бы даже сказал незначительной, проблемы - измерения скорости света. И над ее решением работали более двух столетий! Трое самых выдающихся натурфилософов - итальянец Галилей, датчанин Ремер и француз Физо - справедливо разделили его труды. Так же обстоит дело и с бесчисленными другими вопросами. Когда мы размышляем таким образом о многих цветах мысли, которые должны увянуть и опасть, прежде чем расцветет один, тогда мы впервые по-настоящему оценим весомые, но небольшие утешительные слова Христа: "Многие призваны, но немногие избраны".

Таково свидетельство каждой страницы истории. Но права ли история? Действительно ли только те избранные, кого она называет? Неужели те, кто жил и сражался напрасно, не получили никакой награды?

Я сомневаюсь в этом. И так будет с каждым, кто испытал муки бессонных ночей, проведенных в раздумьях, сначала бесплодных, но в конце концов успешных. Ни одна мысль в такой борьбе не считалась напрасной; каждая, даже самая незначительная, более того, даже ошибочная мысль, та, которая, по-видимому, была наименее продуктивной, служила подготовкой пути для тех, которые впоследствии приносили плоды. И как в мышлении отдельного человека ничто не бывает напрасным, так же обстоит дело и в мышлении человечества.

Галилей хотел измерить скорость света. Ему пришлось закрыть глаза, прежде чем его желание осуществилось. Но он, по крайней мере, нашел фонарь, с помощью которого его преемник мог выполнить эту задачу.

И поэтому я могу утверждать, что все мы, насколько это возможно, работаем над цивилизацией будущего. Если только мы все стремимся к правде, тогда мы *все* призваны и *все* избраны!

ПОЧЕМУ У ЧЕЛОВЕКА ДВА ГЛАЗА?

Почему у человека два глаза? Чтобы не нарушалась красивая симметрия его лица, отвечает художник. Что его второй глаз может заменить первый, если тот будет потерян, говорит дальновидный экономист. "Чтобы мы могли двумя глазами оплакивать грехи мира", - отвечает религиозный энтузиаст.

Странные мнения! И все же, если вы обратитесь с этим вопросом к современному ученому, то можете считать, что вам повезло, если вы избежали менее чем отпора. "Простите меня, мадам, или мой дорогой сэр, - говорил он со строгим выражением лица, - человек не достигает никакой цели в обладании своими глазами; природа - это не личность и, следовательно, не настолько вульгарна, чтобы преследовать какие-либо цели".

По-прежнему неудовлетворительный ответ! Когда-то я знал профессора, который в ужасе заткнул бы рты своим ученикам, если бы они задали ему такой ненаучный вопрос.

Но спросите более терпимого человека, спросите меня. Я, откровенно признаюсь, не знаю точно, почему у человека два глаза, но, думаю, отчасти причина в том, что я могу увидеть вас здесь перед собой сегодня вечером и поговорить с вами на эту восхитительную тему.

Вы снова недоверчиво улыбаетесь. Теперь это один из тех вопросов, на которые не смогли бы ответить и сто мудрецов вместе взятых. Пока вы слышали только пятерых из этих мудрецов. Вы, конечно, захотите быть избавленным от мнений остальных девяноста пяти человек. Первому вы ответите, что мы выглядели бы так же красиво, если бы родились только с одним глазом, как циклопы; второму, согласно его принципу, нам было бы гораздо лучше, если бы у нас было четыре или восемь глаз, и что в этом отношении мы значительно уступаем паукам; третьему, что вы не просто в настроении плакать; четвертому, что безоговорочный запрет на этот вопрос скорее возбуждает, чем удовлетворяет ваше любопытство; в то время как от меня вы избавитесь, сказав, что мое удовольствие не такое сильное, как я думаю, и уж точно не велико достаточно, чтобы оправдать существование двоения в глазах у человека со времен грехопадения Адама.

Но поскольку вы не удовлетворены моим кратким и очевидным ответом, вам остается винить в последствиях только самих себя. Теперь вы должны выслушать более длинное и заученное объяснение, такое, какое в моих силах дать.

Однако церковь науки отвергает вопрос "Почему?". давайте поставим вопрос чисто ортодоксально: у человека два глаза, что *больше* он может увидеть двумя, чем одним?

Я приглашу тебя прогуляться со мной? Мы видим перед собой лес. Что же заставляет это натуральное дерево так выгодно контрастировать с окрашенным деревом, независимо от того, насколько совершенной может быть роспись? Что делает одно намного красивее другого? Это из-за яркости окраски, распределения света и теней? Я думаю, что нет. Напротив, мне кажется, что в этом отношении живопись может добиться очень многого.

Умелая рука художника может несколькими взмахами кисти создать формы удивительной пластичности. С помощью других средств можно достичь еще большего. Фотографии рельефов

настолько пластичны, что мы часто воображаем, что действительно можем запечатлеть возвышенности и впадины.

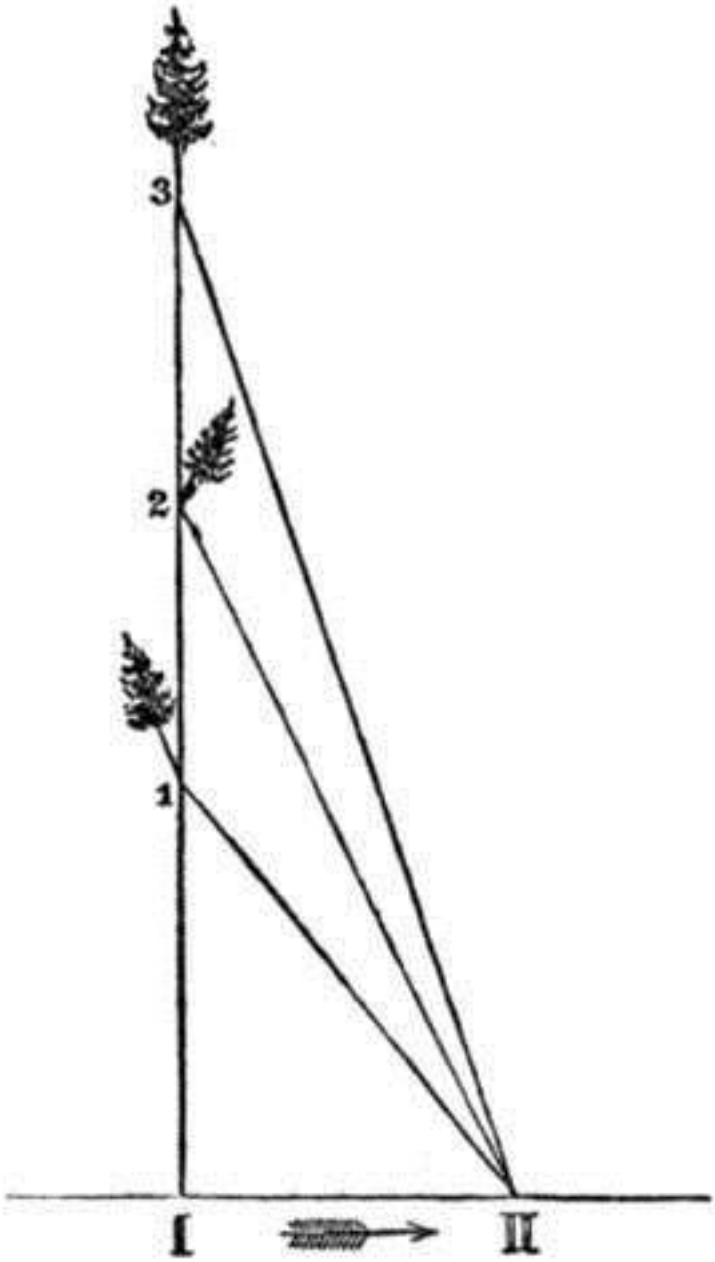


Рис. 20.

Но одну вещь художник никогда не сможет передать с такой яркостью, как это делает природа, — разницу ближнего и дальнего. В настоящем лесу вы ясно видите, что за некоторые деревья можно ухватиться, но другие находятся недосягаемо далеко. Картина художника жесткая. Картина настоящего леса меняется от малейшего движения. Теперь эта ветка скрыта за той; теперь та за этой. Деревья попеременно видны и невидимы.

Давайте рассмотрим этот вопрос немного внимательнее. Для удобства мы останемся на шоссе, I, II. (рис. 20.) Справа и слева раскинулся лес. Стоя в точке I, мы видим, скажем, три дерева (1, 2, 3) в линию, так что два удаленных дерева закрыты ближайшим. Двигаясь дальше, ситуация

меняется. На II нам не нужно будет оглядываться так далеко, чтобы увидеть самое удаленное дерево 3, как чтобы увидеть ближайшее дерево 2, и так далеко, чтобы увидеть это, как чтобы увидеть 1.*Следовательно, по мере того, как мы продвигаемся вперед, объекты, которые находятся рядом с нами, кажется, отстают по сравнению с объектами, которые удалены от нас, причем отставание увеличивается с приближением объектов*. Кажется, что очень отдаленные объекты, на которые мы всегда должны смотреть в одном и том же направлении, движутся вместе с нами.

Следовательно, если бы мы увидели выступающие над гребнем вон того холма верхушки двух деревьев, расстояние до которых у нас вызывало сомнения, у нас было бы в руках очень простое средство решить этот вопрос. Нам следует сделать несколько шагов вперед, скажем, вправо, и верхушка дерева, которая больше всего отступила влево, окажется ближе к нам. По правде говоря, по величине спада геометр действительно мог бы определить расстояние от нас до деревьев, даже не приближаясь к ним. Это просто научное развитие этого восприятия, которое позволяет нам измерять расстояния до звезд.

Следовательно, по изменению угла зрения при движении вперед можно измерить расстояния до объектов, находящихся в нашем поле зрения.

Строго говоря, однако, даже поступательное движение необязательно. Ибо каждый наблюдатель на самом деле состоит из *двух* наблюдателей. У человека *два* глаза. Правый глаз находится на небольшой шаг впереди левого в направлении вправо. Следовательно, два глаза получают *разные* изображения одного и того же леса. Правый глаз увидит, что ближайшие деревья смещены влево, а левый глаз увидит, что они смещены вправо, причем чем больше смещение, тем больше близость. Этого различия достаточно для формирования представлений о дистанции.

Теперь мы можем легко убедиться в следующих фактах:

1. С одним глазом, когда другой закрыт, вы очень неуверенно оцениваете расстояния. Например, вам будет нелегко с закрытыми глазами просунуть палку в кольцо, висящее перед вами; вы будете промахиваться мимо кольца почти в каждом случае.

2. Вы видите один и тот же объект правым глазом иначе, чем левым.

Поставьте абажур на стол перед собой так, чтобы его широкое отверстие было обращено вниз, и посмотрите на него сверху. (Рис. 21.) Правым глазом вы увидите изображение 2, левым - изображение 1. Снова наденьте абажур так, чтобы его широкое отверстие было обращено вверх; правым глазом вы увидите изображение 4, левым - изображение 3. Евклид упоминает явления такого характера.

3. Наконец, вы знаете, что легко судить о расстояниях обоими глазами. Соответственно, ваше суждение должно каким-то образом проистекать из взаимодействия двух глаз. В предыдущем примере отверстия в разных изображениях, получаемых двумя глазами, кажутся смещенными относительно друг друга, и этого смещения достаточно для вывода о том, что одно отверстие ближе другого.

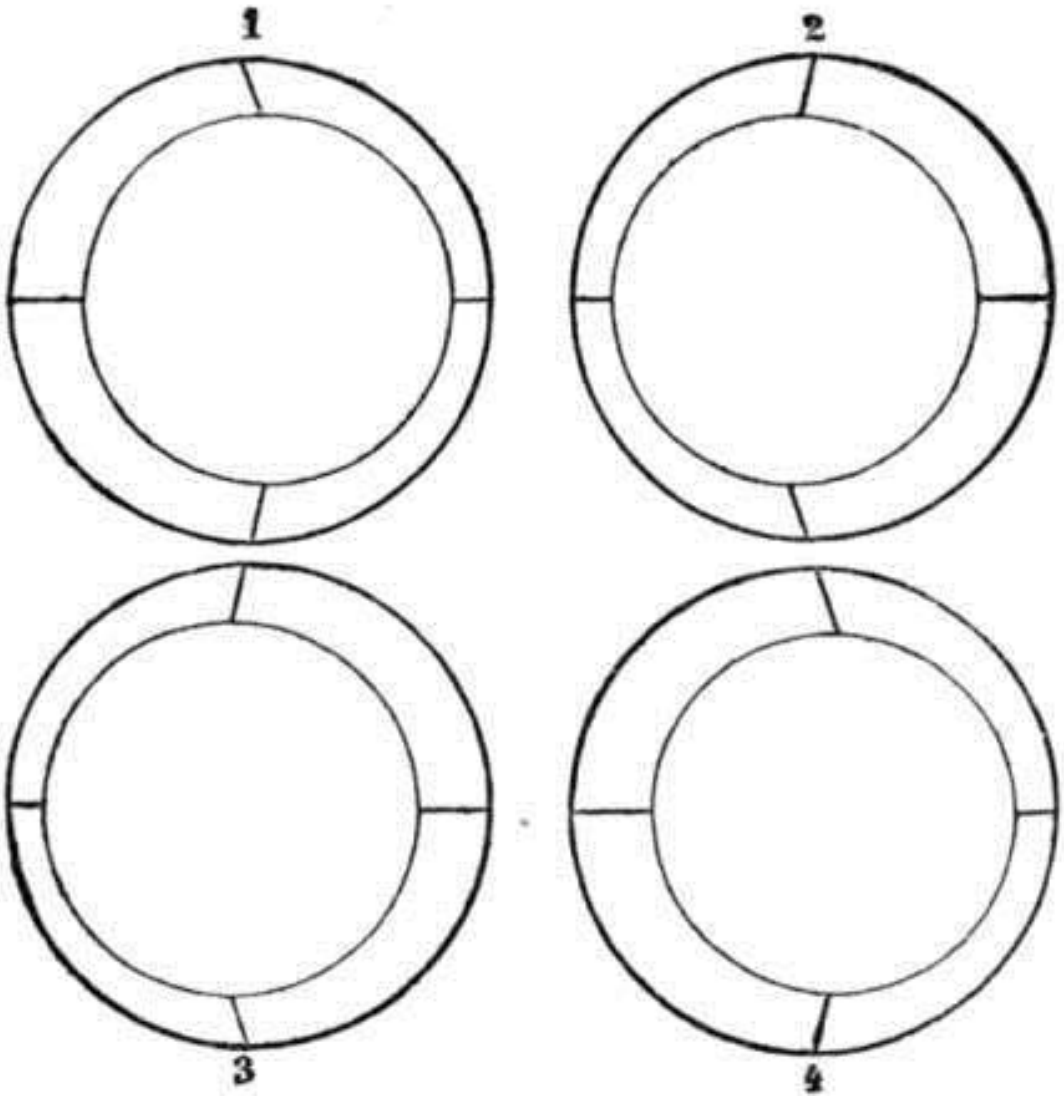


Рис. 21.

Я не сомневаюсь, что вы, леди, часто получали деликатные комплименты по поводу ваших глаз, но я уверен, что никто никогда не говорил вам, и я не знаю, польстит ли вам это, что в ваших глазах, будь они синими или черными, есть маленькие геометрические фигурки. Вы говорите, что ничего о них не знаете? Ну, если уж на то пошло, я тоже. Но факты таковы, как я вам говорю.

Вы мало понимаете в геометрии? Я приму это признание. И все же с помощью ваших двух глаз вы судите о расстояниях? Несомненно, это геометрическая проблема. И более того, вы знаете решение этой проблемы: ведь вы правильно оцениваете расстояния. Таким образом, если *вы* не решите задачу, маленькие геометры в ваших глазах должны будут сделать это тайно и нашептать вам решение. Я не сомневаюсь, что они проворные малыши.

Что меня больше всего поражает, так это то, что вы ничего не знаете об этих маленьких геометриках. Но, возможно, они также ничего не знают о вас. Возможно, они являются образцами пунктуальности, обычными клерками, которые не заботятся ни о чем, кроме своей постоянной работы. В таком случае нам, возможно, удастся обмануть джентльменов.

Если мы представим нашему правому глазу изображение, которое выглядит в точности как абажур для правого глаза, а нашему левому глазу - изображение, которое выглядит в точности как абажур для левого глаза, мы представим, что видим перед собой весь абажур целиком.

Вы знаете этот эксперимент. Если вы практикуетесь в прищуривании, вы можете выполнять это непосредственно с фигурой, глядя правым глазом на правое изображение, а левым - на левое изображение. Таким образом, эксперимент был впервые проведен Эллиоттом. Усовершенствованная форма - стереоскоп Уитстоуна, ставший таким популярным и полезным благодаря Брюстеру.

Делая две фотографии одного и того же объекта с двух разных точек, соответствующих двум глазам, стереоскоп может получить очень четкое трехмерное изображение удаленных мест или зданий.

Но стереоскоп выполняет еще больше. Он может визуализировать для нас вещи, которые мы никогда не видим с такой же четкостью в реальных объектах. Вы знаете, что если вы много двигаетесь во время съемки, то ваше изображение получится похожим на изображение индуистского божества с несколькими головами или руками, которые в местах, где они накладываются друг на друга, проступают с одинаковой отчетливостью, так что нам кажется, что мы видим одно изображение*сквозь* другое. Если человек быстро отойдет от камеры до того, как впечатление будет завершено, объекты позади него также будут запечатлены на фотографии; человек будет выглядеть прозрачным. Фотографические призраки создаются таким образом.

Из этого открытия можно извлечь несколько очень полезных применений. Например, если мы сфотографируем машину стереоскопически, последовательно удаляя во время работы отдельные детали (где, конечно, оттиск нарушается), мы получим прозрачный вид, наделенный всеми признаками пространственной целостности, в котором отчетливо визуализируется взаимодействие частей, обычно скрытых. Я использовал этот метод для получения прозрачных стереоскопических изображений анатомических структур.

Видите ли, фотография делает колоссальные успехи, и существует большая опасность, что со временем какой-нибудь злонамеренный художник сфотографирует своих невинных покровителей с четким отображением их самых сокровенных мыслей и эмоций. Какой спокойной тогда станет политика! Какие богатые урожаи пожнет наша детективная служба!

Таким образом, благодаря совместному действию двух глаз мы приходим к нашим суждениям о расстояниях, а также о формах тел.

Позвольте мне упомянуть здесь несколько дополнительных фактов, связанных с этим предметом, которые помогут нам в понимании определенных явлений в истории цивилизации.

Вы часто слышали и знаете по личному опыту, что удаленные объекты кажутся в перспективе карликовыми. На самом деле, легко убедиться в том, что вы можете закрыть изображение мужчины, находящегося в нескольких футах от вас, просто подняв палец на небольшое расстояние перед глазами. Тем не менее, как правило, вы не замечаете этого уменьшения

предметов. Напротив, вы представляете, что видите человека в конце большого зала, такого большого, каким вы видите его рядом с собой. Потому что ваш глаз, измеряя расстояния, соответственно увеличивает удаленные объекты. Глаз, так сказать, осознает это сужение перспективы и не обманывается им, хотя его обладатель не осознает этого факта. Все люди, пытавшиеся рисовать с натуры, живо ощутили, какую трудность вызывает представление о перспективе из-за этой превосходной ловкости глаза. Перспектива становится очень заметной только после того, как чье-либо суждение о расстояниях становится неопределенным из-за их размера, или из-за отсутствия точек отсчета, или из-за слишком быстрого изменения.

На повороте быстро движущегося железнодорожного состава, где внезапно открывается широкая перспектива, люди на далеких холмах кажутся куклами.[17] Здесь на данный момент нет известных ссылок на измерение расстояний. Камни у входа в туннель заметно увеличиваются по мере того, как мы приближаемся к нему; они заметно уменьшаются в размерах, когда мы удаляемся от него.

Обычно оба глаза работают вместе. Поскольку определенные виды часто повторяются и всегда приводят к практически одинаковым оценкам расстояний, глаза со временем должны приобрести особый навык в геометрических построениях. В конце концов, несомненно, этот навык настолько возрос, что у одинокого глаза часто возникает искушение исполнять эту должность в одиночку.

Позвольте мне пояснить этот момент на примере. Есть ли какое-либо зрелище, более знакомое вам, чем вид на длинную улицу? Кто не смотрел с надеждой в глазах снова и снова на улицу и не измерял ее глубину. Сейчас я отведу вас в художественную галерею, где, как я полагаю, вы увидите картину, изображающую вид на улицу. Художник не пожалел линеек, чтобы добиться идеальной перспективы. Геометр в вашем левом глазу думает: "Ах-ха! Я вычислял этот случай сто раз или больше. Я знаю его наизусть. Это вид на улицу, - продолжает он. - там, где дома ниже, находится дальний конец". Геометр с правым глазом, слишком расслабленный, чтобы задавать вопросы своему, возможно, сварливому товарищу по этому вопросу, отвечает то же самое. Но чувство долга у этих пунктуальных малышей сразу же пробуждается. Они приступают к своим расчетам и сразу же обнаруживают, что все точки рисунка одинаково удалены от них, то есть лежат все на плоской поверхности.

Какое мнение вы сейчас примете, первое или второе? Если вы примете первое, вы отчетливо увидите перспективу. Если вы примете второй вариант, то не увидите ничего, кроме раскрашенного листа с искаженными изображениями.

Вам кажется пустяковым делом взглянуть на картину и понять ее перспективу. Однако прошли столетия, прежде чем человечество в полной мере осознало эту мелочь, и даже большинство из вас впервые узнали об этом благодаря образованию.

Я очень отчетливо помню, что в трехлетнем возрасте все перспективные рисунки казались мне грубыми карикатурами на предметы. Я не мог понять, почему художники сделали столы такими широкими с одного конца и такими узкими с другого. Настоящие таблицы казались мне такими же широкими с одного конца, как и с другого, потому что мой глаз производил вычисления без моего вмешательства. Но то, что изображение стола на плоской поверхности не должно было восприниматься как плоская окрашенная поверхность, а обозначало стол и, таким образом,

должно было изображаться со всеми атрибутами протяженности, было шуткой, которую я не понял. Но у меня есть утешение в том, что целые народы этого не поняли.

Есть простодушные люди, которые принимают инсценированные убийства на сцене за настоящие убийства, притворные действия актеров - за настоящие поступки и которые едва могут удержаться,когда персонажи пьесы оказываются в тяжелом положении, от того, чтобы в глубоком негодовании не броситься им на помощь. Другие, опять же, никогда не смогут забыть, что на сцене написаны прекрасные пейзажи, что Ричард III. есть только актер мистер Бут, с которым они не раз встречались в клубах.

Обе точки зрения одинаково ошибочны. Чтобы правильно взглянуть на драму или картину, нужно понимать, что и то, и другое - это*шоу* просто *обозначающее* что-то реальное. Для такого достижения необходимо определенное преобладание интеллектуальной жизни над чувственной, когда интеллектуальные элементы защищены от разрушения непосредственными чувственными впечатлениями. Необходима определенная свобода в выборе своей точки зрения, своего рода юмор, я бы сказал, которого так не хватает детям и людям, похожим на детей.

Давайте рассмотрим несколько исторических фактов. Я не буду переносить вас в каменный век, хотя у нас есть эскизы этой эпохи, которые демонстрируют очень оригинальные представления о перспективе. Но давайте начнем наше знакомство с гробницами и разрушенными храмами Древнего Египта, где бесчисленные рельефы и великолепные краски бросили вызов разрушениям тысячелетий.

Здесь перед нами открывается богатая и пестрая жизнь. Мы находим египтян представленными во всех жизненных условиях. Что сразу бросается в глаза на этих снимках, так это изящество их технического исполнения. Контуры чрезвычайно точны и отчетливы. Но, с другой стороны, найдено всего несколько ярких цветов, не растушеванных и без следов перехода. Тени совершенно отсутствуют. Краска наносится на поверхности равным слоем.

Перспектива шокирует современный глаз. Все фигуры одинаково велики, за исключением короля, чьи формы чрезмерно преувеличены. Ближнее и дальнее кажутся одинаково большими. Сокращение перспективы нигде не используется. Пруд с водоплавающими птицами изображен плоским, как если бы его поверхность была вертикальной.

Человеческие фигуры изображены так, как их никогда не видели: ноги сбоку, лицо в профиль. Грудь лежит во всю ширину поперек плоскости изображения. Головы крупного рогатого скота изображены в профиль, в то время как рога лежат в плоскости рисунка. Принцип, которому следовали египтяне, лучше всего можно выразить, сказав, что их фигуры прижаты к плоскости рисунка, как растения прижаты к гербарию.

Дело объясняется просто. Если египтяне привыкли смотреть на вещи простодушно обоими глазами сразу, то построение перспективных изображений в пространстве не могло быть им знакомо. Они видели все руки, все ноги настоящих мужчин в их естественной длине. Фигуры, втиснутые в плоскости, в их глазах, конечно, больше походили на оригиналы, чем на перспективные снимки.

Это будет лучше понятно, если мы вспомним, что живопись была создана на основе рельефа. Незначительные различия между оттиснутыми фигурами и оригиналами, должно быть,

постепенно подтолкнули людей к использованию перспективного рисунка. Но физиологически живопись египтян оправдана так же, как рисунки наших детей.

Небольшое превосходство над египтянами демонстрируют ассирийцы. Рельефы, извлеченные из разрушенных курганов Нимрода в Моссуле, в целом похожи на египетские рельефы. Они были доведены до нас главным образом Лейардом.

Живопись вступает в новую фазу среди китайцев. У этого народа хорошо развито чувство перспективы и правильной растушевки, но при этом они не очень логичны в применении своих принципов. Похоже, что и здесь они сделали первый шаг, но далеко не ушли. С этой неподвижностью гармонирует их телосложение, в котором намордник и бамбуковый прут играют важные функции. В согласии с этим находится и их язык, который, подобно языку детей, еще не развился в грамматику, или, скорее, согласно современным представлениям, еще не выродился в грамматику. То же самое и с их музыкой, которая довольствовалась пятитональной гаммой.

Настенные росписи в Геркулануме и Помпеях отличаются изяществом изображения, а также ярко выраженным чувством перспективы и правильным освещением, однако они совсем не скрупулезны в построении. Здесь все еще избегают сокращений. Но чтобы компенсировать этот дефект, члены тела приводятся в неестественные положения, в которых они предстают во всю свою длину. Сокращения чаще наблюдаются у одетых фигур, чем у обнаженных.

Удовлетворительное объяснение этих явлений впервые пришло мне в голову при проведении нескольких простых экспериментов, которые показывают, насколько по-разному человек может видеть один и тот же объект после достижения некоторого контроля над своими чувствами, просто произвольным движением внимания.

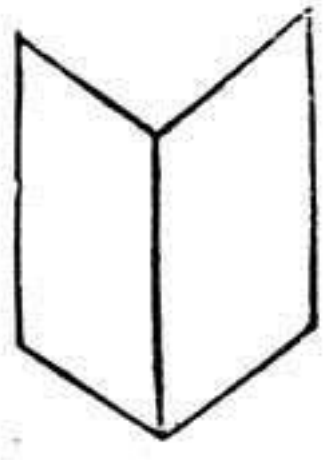


Рис. 22.

Посмотрите на прилагаемый рисунок (рис. 22). Он представляет собой сложенный лист бумаги, обращенный к вам либо загнутой, либо приподнятой стороной, как вы пожелаете. Вы можете воспринимать рисунок в любом смысле, и в любом случае он будет казаться вам по-разному.

Если теперь перед вами на столе лежит настоящий сложенный лист бумаги, обращенный к вам острыми краями, вы можете, взглянув на него одним глазом, увидеть, что лист попеременно приподнят, как он есть на самом деле, или опущен. Здесь, однако, представлено замечательное

явление. Когда вы видите лист должным образом, ни освещение, ни форма не представляют ничего бросающегося в глаза. Когда вы видите, что он отогнут, вы видите, что он искажен в перспективе. Свет и тень кажутся намного ярче или темнее, или как будто их густо перекрывают яркие цвета. Свет и тень теперь кажутся беспричинными. Они больше не гармонируют с формой тела и, таким образом, становятся гораздо более заметными.

В обычной жизни мы используем перспективу и освещение объектов для определения их формы и положения. Поэтому мы не замечаем света, теней и искажений. Впервые они мощно проникают в сознание, когда мы используем конструкцию, отличную от обычной пространственной. Рассматривая плоское изображение камеры-обскуры, мы поражаемся обилию света и глубине теней, которых мы не замечаем в реальных объектах.

В моей ранней юности тени и свет на картинах казались мне пятнами, лишенными смысла. Когда я начал рисовать, я считал растушевку простым обычаем художников. Однажды я нарисовал портрет нашего пастора, друга семьи, и заштриховал, без необходимости, а просто потому, что видел нечто подобное на других картинах, всю половину его лица черным. За это я подвергся суровой критике со стороны моей матери, и моя глубоко оскорбленная художническая гордость, вероятно, является причиной того, что эти факты так сильно запечатлелись в моей памяти.

Таким образом, вы видите, что многие странные вещи не только в жизни отдельных людей, но и в жизни человечества и в истории цивилизации в целом могут быть объяснены тем простым фактом, что у человека два глаза.

Измените взгляд человека, и вы измените его представление о мире. Мы наблюдали истинность этого факта среди наших ближайших родственников, египтян, китайцев и озерных жителей; как же должно быть у некоторых наших более отдаленных родственников - у обезьян и других животных? Природа должна казаться совершенно иной животным, наделенным существенно иными глазами, чем у людей, как, например, насекомым. Но в настоящее время наука должна отказаться от удовольствия описывать этот внешний вид, поскольку мы пока очень мало знаем о режиме работы этих органов.

Остается загадкой даже то, как природа видится животным, тесно связанным с человеком; что касается птиц, которые почти ничего не видят двумя глазами одновременно, но поскольку их глаза расположены по разные стороны головы, у каждого из них отдельное поле зрения.[18]

Душа человека заключена в тюрьму его головы; она смотрит на природу через два своих окна - глаза. Также хотелось бы узнать, как выглядит природа в других окнах. Желание, которому, очевидно, никогда не суждено сбыться. Но наша любовь к природе изобретательна, и здесь тоже многого удалось достичь.

Поставив перед собой угловое зеркало, состоящее из двух плоских зеркал, слегка наклоненных друг к другу, я вижу свое отражение дважды. В правое зеркало я вижу правую сторону своего тела, а в левое - левую сторону своего лица. Также я увижу лицо человека, стоящего передо мной, правым глазом правее, левым - левее. Но для того, чтобы получить такие совершенно разные виды лица, как те, что показаны в угловом зеркале, мои два глаза должны были бы располагаться гораздо дальше друг от друга, чем они есть на самом деле.

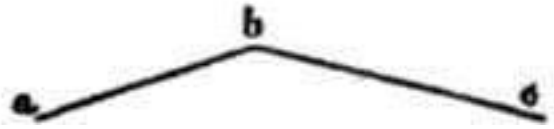


Рис. 23.

Прищурившись правым глазом на изображение в правом зеркале, а левым - на изображение в левом зеркале, я увижу гиганта с огромной головой и двумя широко расставленными глазами. Такое же впечатление производит на меня мое собственное лицо. Я вижу его сейчас, единое и цельное. Фиксирую взгляд, и рельеф от секунды к секунде усиливается, брови заметно выступают над глазами, нос, кажется, вырастает на фут в длину, усы фонтаном бьют из губы, зубы, кажется, неизмеримо отступают. Но, безусловно, самым ужасным аспектом этого явления является нос.

Интересен в этой связи телестереоскоп Гельмгольца. В телестереоскопе мы рассматриваем пейзаж, глядя правым глазом (рис. 24) через зеркало*a* в зеркало *A*, а левым глазом через зеркало *b* в зеркало *B*. Зеркала*A* и *B* расположены далеко друг от друга. И снова мы смотрим широко расставленными глазами великана. Все вокруг кажется нам карликовым и близким. Далекие горы у наших ног похожи на покрытые мхом камни. Между ними вы видите уменьшенную модель города, настоящего Лилипута. Вас так и подмывает погладить рукой мягкий лес и город, если бы вы не боялись, что можете уколоть пальцы об острые, иглообразные шпили, или что они могут потрескаться и отломиться.

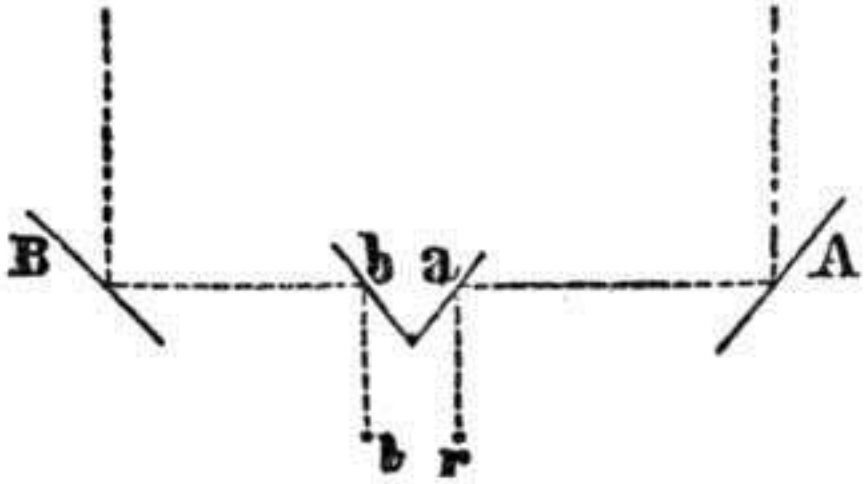


Рис. 24.

Лилипут - это не сказка. Нам нужны только глаза Свифта, телестереоскоп, чтобы увидеть это.

Представьте себе обратный случай. Предположим, что мы настолько малы, что можем совершать длительные прогулки по мшистому лесу и что наши глаза находятся соответственно близко друг к другу. Волокна мха выглядели бы как деревья. На них мы увидели бы странных, бесформенных монстров, ползающих повсюду. Ветви дуба, у подножия которого раскинулся наш моховой лес, показались бы нам темными, неподвижными, покрытыми мириадами ветвей облаками, нарисованными высоко на небесном своде; точно так же, как обитатели Сатурна, вероятно, могли бы видеть их огромное кольцо. На стволах деревьев в наших мшистых лесах мы должны были бы найти колоссальные шары диаметром в несколько футов, ослепительно прозрачные, которые медленно, причудливо колышутся на ветру. Мы должны подойти с

любопытством и обнаружить, что эти шары, в которых тут и там весело резвились животные, были жидкими шарами, фактически это была вода. Короткий, неосторожный шаг, малейший контакт - и горе нам, невидимая сила непреодолимо втягивает нашу руку внутрь сферы и удерживает там безжалостно крепко! Капля росы попала в капиллярную пасть манекена в отместку за тысячи капель, которые его большие человеческиесобратья проглотили за завтраком. Тебе следовало бы знать, пигмей-естествоиспытатель, что с твоим нынешним тщедушным телом тебе не следует шутить с капиллярностью!

Ужас, вызванный несчастным случаем, приводит меня в чувство. Я вижу, что впал в идиллию. Вы должны извинить меня. Клочок зелени, моховой или вересковый лес с его крошечными обитателями имеют для меня несравненно больше очарования, чем многие литературные произведения с их апофеозом человеческого характера. Если бы у меня был дар писать романы, я бы, конечно, не делал Джона и Мэри своими персонажами. Мне также не следует переносить мою любящую пару ни в Нил, ни в эпоху древнеегипетских фараонов, хотя, возможно, мне следовало бы предпочесть то время настоящему. Я должен откровенно признаться, что я ненавижу мусор истории, интересные, хотя это может быть как простое явление, потому что мы не можем просто наблюдать, но он также должен*почувствовать* его, потому что поступает к нам в основном с презрительным высокомерием, в основном непобедимого. Героем моего романа был бы петушок, впервые выходящий на пятом году жизни со своими недавно отросшими крыльями на легкий, вольный воздух. Воистину, не было бы никакого вреда, если бы человек таким образом отбросил свою унаследованную и приобретенную ограниченность ума, познакомившись с мировоззрением родственных существ. Он не мог не получить таким образом несравненно больше, чем получил бы житель маленького городка, совершая кругосветное путешествие и знакомясь с воззрениями незнакомых народов.

Сейчас я провел вас многими тропинками и закоулками, быстро перебравшись через изгороди и канавы, чтобы показать вам, каких широких перспектив мы можем достичь в любой области, скрупулезно исследуя один-единственный научный факт. Внимательное изучение двух человеческих глаз привело нас не только в смутные закоулки детства человечества, но и унесло далеко за пределы человеческой жизни.

Вам, несомненно, часто казалось странным, что науки разделены на две большие группы; что так называемые гуманитарные науки, относящиеся к так называемому "высшему образованию", находятся в почти враждебном отношении к естественным наукам.

Должен признаться, я не слишком верю в такое разделение наук. Я верю, что зрелому возрасту этот взгляд покажется таким же детским и простодушным, каким кажется нам отсутствие перспективы на старинных картинах Египта. Неужели "высшую культуру" можно получить только из нескольких старых горшков и палимпсестов, которые в лучшем случае представляют собой просто обрывки природы, или что только из них можно извлечь больше, чем из всей остальной природы? Я считаю, что обе эти науки - просто части одной и той же науки, которые начались с

разных концов. Если эти два конца все еще ведут себя по отношению друг к другу как Монтекки и Капулетти, если их слуги все еще предаются оживленным перепалкам, я полагаю, что, в конце концов, они не всерьез. С одной стороны, несомненно, есть Ромео, а с другой - Джульетта, которая, как мы надеемся, когда-нибудь объединит два дома с менее трагическим продолжением, чем в пьесе.

Филология началась с безоговорочного почитания и апофеоза греков. Теперь она начала вовлекать в свою сферу другие языки, другие народы и их истории; онапри посредничестве сравнительного языкознания уже завязала, хотя пока и несколько осторожно, дружбу с физиологией.

Физическая наука началась на кухне ведьмы. Теперь она охватывает органический и неорганический миры, а благодаря физиологии артикуляции и теории чувств даже вторглась в область своих исследований, порой дерзко, в область ментальных явлений.

Короче говоря, мы приходим к пониманию многого внутри себя, исключительно направляя свой взгляд вовне, и*наоборот*. Каждый объект принадлежит обеим наукам. Вы, дамы, представляете собой очень интересные и трудные проблемы для психолога, но вы также чрезвычайно красивые явления природы. Церковь и государство являются объектами исследования историка, но не менее явлениями природы, и отчасти, действительно, очень любопытными явлениями. Если исторические науки открыли широкие горизонты, представив нам мысли новых и незнакомых народов, то физические науки в определенном смысле делают это в еще большей степени. Заставляя человека раствориться во Всем, так сказать, уничтожая его, они заставляют его занять непредвзятую позицию вне самого себя и формировать свои суждения на основе стандартов, отличных от стандартов мелкого человека.

Но если бы вы спросили меня сейчас, почему у человека два глаза, я бы ответил:

Чтобы он мог смотреть на природу справедливо и точно; чтобы он мог прийти к пониманию того, что он сам, со всеми его взглядами, правильными и неправильными, со всей его *высокой политикой*, является просто мимолетной частицей природы; что, говоря языком Мефистофеля, он является частью части, и что это абсолютно неоправданно,

"Для человека, микрокосмического глупца, так часто видеть
Себя целостным".

О СИММЕТРИИ.

[19]

Один древний философ однажды заметил, что люди, ломающие голову над природой Луны, напоминают ему людей, обсуждающих законы и учреждения далекого города, о котором они слышали только название. Истинный философ, сказал он, должен обратить свой взгляд внутрь себя, должен изучить себя и свои представления о добре и зле; только так он сможет извлечь реальную пользу.

Эту древнюю формулу счастья можно было бы переформулировать в знакомых словах Псалма:

"Живи на земле, и, воистину, ты будешь сыт".

Сегодня, если бы он мог восстать из мертвых и ходить среди нас, этот философ очень удивился бы тому, какой иной оборот приняли дела.

Движение Луны и других небесных тел точно известно. Наши знания о движениях нашего собственного тела далеко не столь полны. Горы и естественные участки Луны точно обозначены на картах, но физиологи только начинают ориентироваться в географии мозга. Химический состав многих неподвижных звезд уже исследован. Химические процессы, происходящие в организме животных, представляют собой вопросы гораздо большей сложности. У нас есть наша*механика селеста*. Но еще предстоит написать *социальную книгу* или *мексиканскую мораль*, одинаково заслуживающие доверия.

Наш философ действительно признал бы, что мы достигли большого прогресса. Но мы не последовали его совету. Пациент выздоровел, но он принял для своего выздоровления ровно противоположное тому, что прописал врач.

Человечество теперь вернулось гораздо более мудрым из своего путешествия в небесном пространстве, против которого его так торжественно предостерегали. Люди, познакомившись с великими и простыми фактами внешнего мира, теперь начинают критически рассматривать мир внутренний. Это звучит абсурдно, но это правда, что только после того, как мы подумаем о Луне, мы сможем заняться собой. Было необходимо, чтобы мы приобрели простые и ясные идеи в менее сложной области, прежде чем мы перейдем к более сложной области психологии, и этими идеями нас в основном снабдила астрономия.

Пытаться описать это колоссальное движение, которое, первоначально возникнув из физических наук, вышло за пределы области физики и теперь занято проблемами психологии, было бы самонадеянно в этом месте. Здесь я лишь попытаюсь проиллюстрировать вам несколькими простыми примерами методы, с помощью которых из фактов физического мира можно проникнуть в область психологии, особенно в смежную область чувственного восприятия. И я хочу, чтобы вы помнили, что моя краткая попытка не должна рассматриваться как показатель нынешнего состояния таких научных вопросов.

Общеизвестно, что одни объекты доставляют нам удовольствие, а другие - нет. Вообще говоря, все, что построено в соответствии с установленными и логически соблюдаемыми правилами, является продуктом приемлемой красоты. Таким образом, мы видим саму природу, которая всегда действует в соответствии с установленными правилами, постоянно создавая такие красивые вещи. Каждый день физик сталкивается в своей мастерской с прекраснейшими вибрационными фигурами, тональными фигурами, явлениями поляризации и формами дифракции.

Правило всегда предполагает повторение. Следовательно, вероятно, будет обнаружено, что повторения играют важную роль в достижении приятных эффектов. Конечно, природа приятных эффектов этим не исчерпывается. Более того, повторение физического события становится источником приятных эффектов только тогда, когда оно связано с повторением ощущений.

Прекрасный пример того, что повторение ощущений является источником приятных эффектов, дает тетрадь каждого школьника, которая обычно является сокровищницей подобных вещей и нуждается только в аббате Доменеке, чтобы прославиться. Любая фигура, какой бы грубой или убогой она ни была, если повторить ее несколько раз, расположив повторы в ряд, получится сносный фриз.

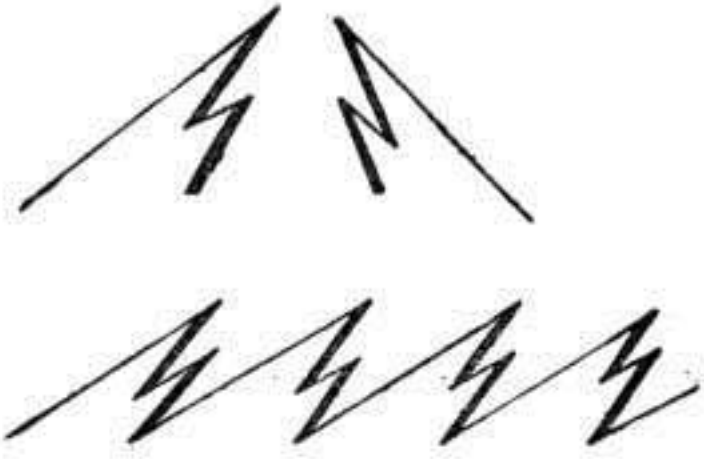


Рис. 25.

Также приятный эффект симметрии обусловлен повторяемостью ощущений. Давайте на мгновение погрузимся в эту мысль, но, развив ее, не будем воображать, что мы полностью исчерпали природу приятного, а тем более прекрасного.

Во-первых, давайте получим четкое представление о том, что такое симметрия. И вместо определения давайте возьмем живую картину. Вы знаете, что отражение предмета в зеркале имеет большое сходство с самим предметом. Все его пропорции и очертания одинаковы. Однако между объектом и его отражением в зеркале есть разница, которую вы легко заметите.

Поднесите правую руку к зеркалу, и вы увидите в зеркале левую руку. Ваша правая перчатка отразит в зеркале свою вторую. Ибо вы никогда не смогли бы использовать отражение вашей правой перчатки, если бы она присутствовала у вас как реальная вещь, для прикрытия вашей правой руки, а только для прикрытия вашей левой. Точно так же ваше правое ухо будет давать в качестве своего отражения левое ухо; и вы сразу поймете, что левую половину вашего тела можно было бы очень легко заменить отражением вашей правой половины. Точно так же, как на место отсутствующего правого уха нельзя поставить левое, если только мочка уха не повернута вверх или отверстие в раковине не обращено назад, так и отражение объекта, несмотря на все сходство формы, никогда не может заменить сам объект.[20]

Причина такого различия между объектом и его отражением проста. Отражение появляется настолько же далеко за зеркалом, насколько объект находится перед ним. Соответственно, те части объекта, которые находятся ближе всего к зеркалу, также будут ближайшими к зеркалу в отражении. Следовательно, последовательность частей в отражении будет обратной, что лучше всего видно при отражении циферблата часов или рукописи.

Также будет легко видеть, что если соединить точку объекта с его отражением на изображении, линия соединения рассечет зеркало под прямым углом и будет разделена им пополам. Это справедливо для всех соответствующих точек объекта и изображения.

Если теперь мы можем разделить объект плоскостью на две половины так, чтобы каждая половина, видимая в отражающей плоскости разделения, была воспроизведением другой половины, такой объект называется симметричным, а плоскость разделения называется плоскостью симметрии.

Если плоскость симметрии вертикальна, мы можем сказать, что тело вертикально симметрично. Примером вертикальной симметрии является готический собор.

Если плоскость симметрии горизонтальна, мы можем сказать, что объект горизонтально симметричен. Пейзаж на берегу озера с его отражением в воде представляет собой систему горизонтальной симметрии.

Именно здесь есть заметная разница. Вертикальная симметрия готического собора поражает нас сразу, в то время как мы можем путешествовать вверх и вниз по всей длине Рейна или Гудзона, не обращая внимания на симметрию между объектами и их отражение в воде. Вертикальная симметрия радует нас, в то время как горизонтальная симметрия безразлична и заметна только опытным глазом.

Откуда возникает это различие? Я говорю исходя из того факта, что вертикальная симметрия вызывает повторение одного и того же ощущения, в то время как горизонтальная симметрия - нет. Сейчас я покажу, что это так.

Давайте посмотрим на следующие буквы:

d b q p

Всем матерям и учительницам известен факт, что дети в своих первых попытках читать и писать постоянно путают d и b, q и p, но никогда не путают d и q, или b и p. Теперь d и b, q и p - это две половины*вертикально* симметричной фигуры, в то время как d и q, b и p - это две половины *горизонтально* симметричной фигуры. Первые два смешиваются; но смешение возможно только с вещами, которые возбуждают в нас те же или сходные ощущения.

Фигуры двух цветочниц часто можно увидеть в украшениях садов и гостиных, одна из которых несет корзину с цветами в правой руке, а другая - влевой. Всем известно, насколько мы склонны, если не будем очень осторожны, путать эти цифры друг с другом.

В то время как переворачивание предмета справа налево едва заметно, глаз вовсе не безразличен к переворачиванию предмета вверх ногами. Человеческое лицо, перевернутое вверх ногами, едва ли можно распознать как лицо, и оно производит совершенно странное впечатление. Причину этого не следует искать в непривычности внешнего вида, ибо так же трудно распознать перевернутую арабеску, где не может быть и речи о привычке. Этот любопытный факт лежит в основе известных шуток с портретами непопулярных персонажей, которые нарисованы так, что в вертикальном положении страницы представлено точное изображение человека, но в перевернутом виде изображено какое-то популярное животное.

Таким образом, фактом является то, что две половины вертикально симметричной фигуры легко спутать и что поэтому они, вероятно, вызывают почти одинаковые ощущения. Соответственно, возникает вопрос, *почему* две половинки вертикально симметричной фигуры вызывают одинаковые или схожие ощущения? Ответ таков: потому что наш зрительный аппарат, состоящий из наших глаз и сопутствующего мышечного аппарата, сам по себе вертикально симметричен.[21]

Какое бы внешнее сходство ни было у одного глаза с другим, они все равно не похожи. Правый глаз человека не может заменить левый глаз точно так же, как левое ухо или левая рука не могут заменить правое. С помощью искусственных средств мы можем изменить роль, которую играет каждый из наших глаз. (Псевдоскоп Уитстоуна.) Но тогда мы оказываемся в совершенно новом и странном мире. То, что выпукло, кажется вогнутым; то, что вогнуто, выпукло. То, что далеко, кажется близким, а то, что близко, кажется далеким.

Левый глаз - это отражение правого. А светочувствительная сетчатка левого глаза является отражением светочувствительной сетчатки правого глаза во всех ее функциях.

Хрусталик глаза, подобно волшебному фонарю, отбрасывает изображения предметов на сетчатку. И вы можете представить себе светочувствительную сетчатку глаза с ее бесчисленными нервами, как руку с бесчисленными пальцами, приспособленную к ощущению света. Концы зрительных нервов, как и наши пальцы, наделены разной степенью чувствительности. Две сетчатки действуют подобно правой и левой руке; ощущение прикосновения и ощущение света в этих двух случаях схожи.

Рассмотрите правую часть этой буквы T, а именно T. Вместо двух сетчаток, на которые падает это изображение, представьте, что я чувствую объект, две мои руки. ┌, схваченный правой рукой, вызывает ощущения, отличные от тех, которые возникают при захвате левой. Но если мы повернем наш символ справа налево, таким образом: ┐, это вызовет в левой руке то же ощущение, что и раньше в правой. Ощущение повторяется.

Если мы возьмем целое число T, то правая половина будет вызывать в правой руке те же ощущения, что и левая половина в левой, и *наоборот*.

Симметричная фигура дает одно и то же ощущение дважды.

Если мы перевернем букву T таким образом: ┣или перевернем половину буквы T таким образом: L, то до тех пор, пока мы не изменим положение наших рук, мы не сможем использовать приведенные выше рассуждения.

Сетчатка, по сути, в точности похожа на наши руки. У них тоже есть свои большие и указательные пальцы, хотя их тысячи; и мы можем сказать, что большие пальцы находятся сбоку от глаза возле носа, а остальные пальцы сбоку от носа.

Этим я надеюсь совершенно прояснить, что приятный эффект симметрии обусловлен главным образом повторением ощущений и что рассматриваемый эффект имеет место в симметричных фигурах только там, где есть повторение ощущений. Приятный эффект правильных фигур, предпочтение, отдаваемое прямым линиям, особенно вертикальным и горизонтальным, основано на аналогичной причине. Прямая линия, как в горизонтальном, так и в вертикальном положении, может отбрасывать на две сетчатки одно и то же изображение, которое, к тому же, падает на симметрично соответствующие пятна. Это также, по-видимому, является причиной нашего психологического предпочтения прямых изогнутым линиям, а не их свойства быть кратчайшим расстоянием между двумя точками. Короче говоря, прямая линия ощущается симметричной самой себе, как и в случае с плоскостью. Изогнутые линии ощущаются как отклонения от прямых, то есть как отклонения от симметрии.[22] Наличие чувства симметрии у людей, обладающих от рождения только одним глазом, действительно является загадкой. Конечно, чувство симметрии, хотя и приобретается в первую очередь с помощью глаз, не может быть полностью ограничено органами зрения. Она также должна глубоко укорениться в других частях организма за годы практики и, таким образом, не может быть немедленно устранена потерей одного глаза. Кроме того, при потере глаза остается симметричный мышечный аппарат, а также симметричный аппарат иннервации.

Однако представляется несомненным, что упомянутые явления в основном происходят из своеобразного строения наших глаз. Поэтому сразу станет ясно, что наши представления о прекрасном и уродливом претерпели бы изменения, если бы у нас были другие глаза. Кроме того, если эта точка зрения верна, то теория о так называемой вечно прекрасной в некоторой степени ошибочна. Едва ли можно сомневаться в том, что наша культура или форма цивилизации, оставляющая на человеческом теле свои безошибочные следы, также не должна изменять наших представлений о прекрасном. Разве раньше развитие всей музыкальной красоты не ограничивалось узкими рамками пятитоновой гаммы?

Тот факт, что повторение ощущений приводит к приятным эффектам, не ограничивается областью видимого. Сегодня и музыкант, и физик знают, что гармоническое или мелодическое дополнение одного тона к другому оказывает на нас приятное воздействие только тогда, когда добавленный тон воспроизводит часть ощущения, которое вызвал первый. Когда я добавляю октаву к основному тону, я слышу в октаве часть того, что было слышно в основном тоне. (Гельмгольц.) Но в мои намерения не входит полностью развивать здесь эту идею.[23] Сегодня мы только спросим, есть ли что-нибудь похожее на симметрию фигур в области звуков.

Посмотрите на отражение вашего пианино в зеркале.

Вы сразу заметите, что никогда не видели такого пианино в реальном мире, потому что у него высокие клавиши расположены слева, а низкие - справа. Такие пианино не производятся.

Если бы вы могли сесть за такое пианино и играть в своей обычной манере, то, очевидно, каждый шаг, который, как вы представляли, вы выполняете в восходящей шкале, был бы выполнен как соответствующий шаг в нисходящей шкале. Эффект был бы немалым сюрпризом.

Для опытного музыканта, который всегда привык слышать определенные звуки, издаваемые при ударе по определенным клавишам, наблюдать за игроком в зеркало и замечать, что он всегда делает противоположное тому, что мы слышим.

Но еще более замечательным был бы эффект от попытки создать гармонию на таком пианино. Для мелодии не безразлично, исполняем ли мы такт в восходящей или нисходящей гамме. Но для гармонии столь большая разница не возникает из-за переворота. Я всегда сохраняю одно и то же созвучие, добавляю ли я к основной ноте верхнюю или нижнюю треть. Изменен только порядок интервалов в гармонии. Фактически, когда мы исполняем часть в мажорной тональности на нашем отраженном пианино, мы слышим звук в минорной тональности, и*наоборот*.

Теперь остается выполнить указанные эксперименты. Вместо того чтобы играть на пианино в зеркале, что невозможно, или создавать пианино такого типа, что было бы несколько дорого, мы можем проводить наши эксперименты более простым способом, следующим образом:

1) Мы играем на нашем собственном пианино в нашей обычной манере, смотрим в зеркало, а затем повторяем на нашем настоящем пианино то, что видим в зеркале. Таким образом, мы преобразуем все ступени вверх в соответствующие ступени вниз. Мы разыгрываем движение, а затем другое движение, которое по отношению к клавиатуре симметрично первому.

2) Мы помещаем зеркало под музыку, в котором ноты отражаются, как в водоеме, и играем в соответствии с нотами в зеркале. Таким же образом все шаги вверх заменяются соответствующими равными шагами вниз.

3) Переворачиваем ноты вверх ногами и читаем ноты справа налево и снизу вверх. При этом мы должны рассматривать все острые предметы как плоские, а все плоские предметы как острые предметы, потому что они соответствуют половинкам линий и пробелам. Кроме того, при таком использовании музыки мы можем использовать только басовый ключ, поскольку только в этом ключе ноты не изменяются симметричным обращением.

Вы можете судить об эффекте этих экспериментов по примерам, которые приведены в прилагаемой музыкальной нарезке. (Стр. 102.) Движение, которое появляется в верхних строках, симметрично меняется на противоположное в нижних.

Результат экспериментов можно сформулировать кратко. Мелодия становится неузнаваемой. Гармония претерпевает перестановку из мажорной тональности в минорную и *наоборот*. Изучение этих красивых эффектов, которые давно знакомы физикам и музыкантам, было возобновлено несколько лет назад фон Эттингеном.[24]

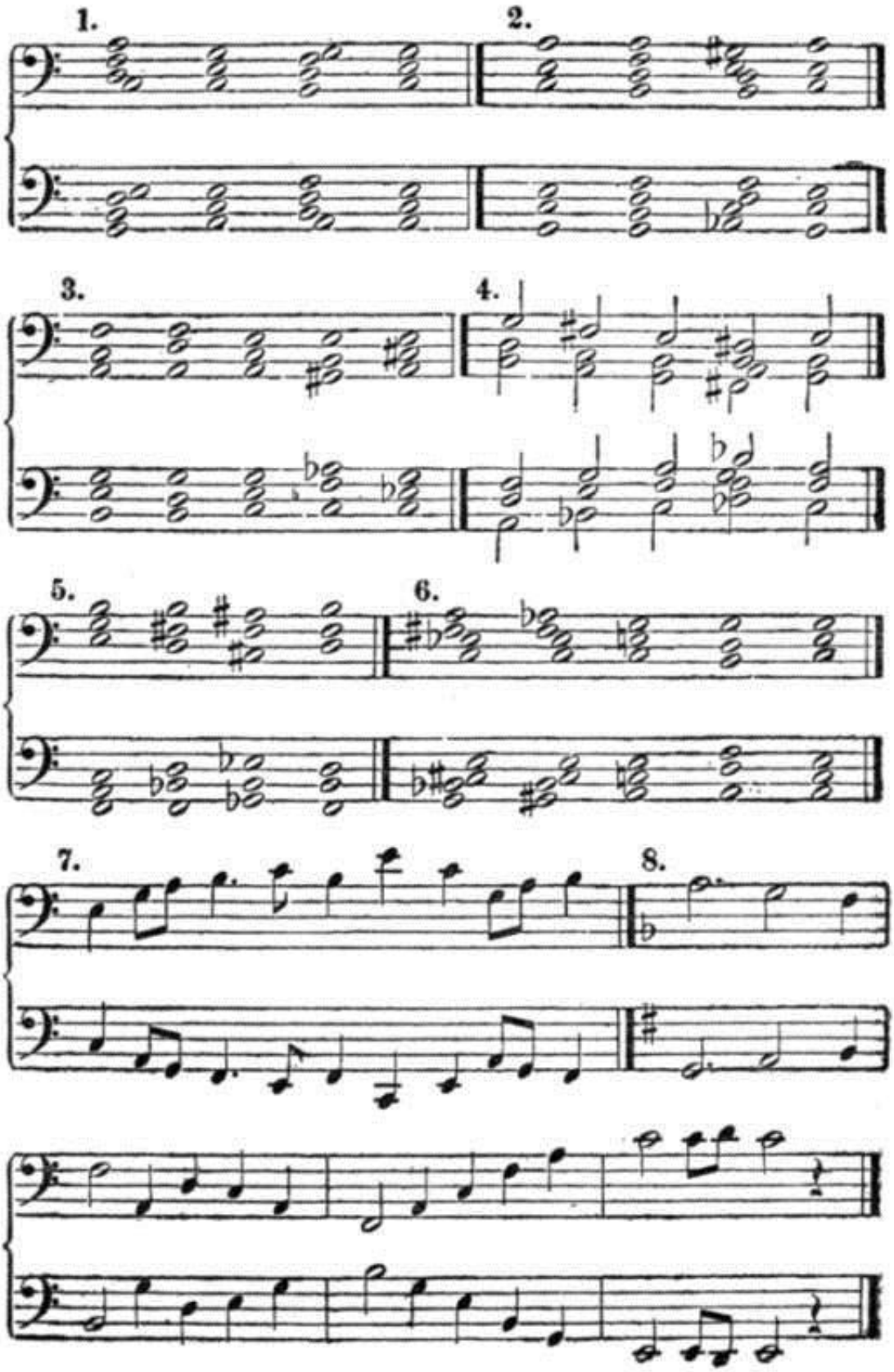


Рис. 26.

Слушать 1.
Слушать 2.

Слушать 3.
Слушать 4.
Слушать 5.
Слушать 6.
Слушать 7.
Слушать 8.

(См. страницы 101 и 103.)]

Теперь, хотя во всех предыдущих примерах я преобразовал шаги вверх в равные и аналогичные шаги вниз, то есть, как мы можем справедливо сказать, воспроизвел для каждого движения движение, симметричное ему, все же ухо замечает либо мало, либо вообще ничего симметричного. Перестановка из мажорной тональности в минорную является единственным признаком сохранения симметрии. Симметрия присутствует для разума, но отсутствует для ощущений. Для уха не существует симметрии, потому что смена музыкальных звуков местами не приводит к повторению ощущений. Если бы у нас было чутье на высоту и чутье на глубину, точно так же, как у нас есть чутье на правую и чутье на левую сторону, мы бы также обнаружили, что для наших органов слуха существуют симметричные звуковые структуры. Контраст мажора и минора для уха соответствует инверсии для глаза, что также является симметрией только для ума, но не для ощущений.

В качестве дополнения к тому, что я сказал, я добавлю краткое замечание для моих читателей-математиков.

Наша нотная система - это, по сути, графическое представление музыкального произведения в виде кривых, где время - это абсциссы, а логарифмы числа колебаний - ординаты. Отклонения нотной записи от этого принципа возможны только для облегчения интерпретации или обусловлены историческими случайностями.

Если далее будет замечено, что ощущение высоты звука также пропорционально логарифму числа вибраций и что интервалы между нотами соответствуют разности логарифмов чисел вибраций, то в этих фактах будет найдено обоснование для того, чтобы называть гармонии и мелодии, появляющиеся в зеркале, симметричными исходным.

Этими отрывочными замечаниями я просто хочу донести до вашего сознания, что прогресс физических наук оказал большую помощь тем разделам психологии, которые не пренебрегали результатами физических исследований. С другой стороны, психология начинает, так сказать, в духе благодарности возвращать мощный стимул, который она получила от физики.

Физическим теориям, сводящим все явления к движению и равновесию мельчайших частиц, так называемым молекулярным теориям, серьезно угрожает прогресс теории органов чувств и пространства, и мы можем сказать, что их дни сочтены.

Я показал в другом месте[25], что музыкальная гамма — это просто разновидность пространства - пространства, однако, только одного измерения, и то одностороннего. Если бы теперь человек, который мог только слышать, попытался развить концепцию мира в этом своем линейном пространстве, он столкнулся бы со многими трудностями, поскольку его пространство было бы неспособно постичь многие стороны отношений реальности. Но разве для нас более оправданно пытаться втиснуть весь мир в пространство нашего зрения в тех аспектах, в которых он недоступен глазу? И все же это дилемма всех молекулярных теорий.

Однако мы обладаем чувством, которое по объему отношений, которые оно может охватить, богаче любого другого. Это наш разум. Это стоит выше чувств. Только оно способно создать постоянный и достаточный взгляд на мир. Механическая концепция мира творила чудеса со времен Галилея. Но теперь она должна уступить место более широкому взгляду на вещи. Дальнейшее развитие этой идеи выходит за рамки моей нынешней цели.

Еще одно замечание, и я закончил. Совету нашего философа ограничиться тем, что находится под рукой и полезно в наших исследованиях, который находит своего рода подтверждение в нынешнем призыве исследователей к ограничению и разделению труда, не следует слишком рабски следовать. В уединении наших шкафов мы часто тщетно ломаем голову, чтобы выполнить работу, средства выполнения которой лежат у самых наших дверей. Если вопрошающий волей-неволей должен быть сапожником, постоянно постукивающим пальцами, то, возможно, ему будет позволено быть сапожником типа Ганса Сакса, который не считал ниже своего достоинства время от времени поглядывать на работу своего соседа и комментировать его действия.

Поэтому пусть это будет моим извинением, если я сегодня на мгновение оставил последнее из своих занятий.

ОБ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЯХ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ.[26]

Мне было поручено популярно изложить перед вами фундаментальные количественные понятия электростатики — "количество электричества", "потенциал", "емкость" и так далее. Было бы нетрудно, даже в течение короткого часа, порадовать глаз множеством прекрасных экспериментов и наполнить воображение многочисленными и разнообразными концепциями. Но в таком случае мы были бы все еще далеки от ясного и легкого понимания этих явлений. У нас все равно не хватило бы средств для точного воспроизведения фактов в мыслях — процедуры, которая для теоретика и практика имеет равное значение. Эти средства являются*метрическими понятиями* электричества.

До тех пор, пока поиск фактов в данной области явлений находится в руках нескольких изолированных исследователей, до тех пор, пока каждый эксперимент можно легко повторить, фиксации собранных фактов с помощью предварительного описания обычно достаточно. Но дело обстоит иначе, когда весь мир должен использовать результаты, достигнутые многими, как это происходит, когда наука приобретает более широкие основы и размах, и особенно когда она начинает снабжать интеллектуальной пищей важную отрасль практических искусств и

извлекать из этой области взамен колоссальные эмпирические результаты. Затем факты должны быть описаны таким образом, чтобы люди в любом месте и в любое время могли на основе нескольких легко полученных элементов точно мысленно соединить факты и воспроизвести их на основе описания. Это делается с помощью метрических концепций и международных мер.

Работа, начатая в этом направлении в период чисто научного развития науки, особенно Кулоном (1784), Гауссом (1833) и Вебером (1846), была мощно стимулирована требованиями великих технических начинаний, проявившихся со времени прокладки первого трансатлантического кабеля, и доведена до блестящего завершения трудами Британской ассоциации в 1861 году и Парижского конгресса в 1881 году, главным образом благодаря усилиям сэра Уильяма Томсона.

Очевидно, что за отведенное мне время я не смогу провести вас по всем длинным и извилистым путям, по которым на самом деле прошла наука, что не будет возможности на каждом шагу напоминать вам обо всех маленьких предосторожностях во избежание ошибок, которым нас научили первые шаги. Напротив, я должен добиться сдвига с помощью самых простых и грубых инструментов. Я проведу вас кратчайшими путями от фактов к идеям, при этом, конечно, будет невозможно предвосхитить все случайные идеи, которые могут и должны возникнуть из перспектив, уходящих в окольные пути, которые мы оставляем нехожеными.

Вот два маленьких, легких тела (рис. 27) одинакового размера, свободно подвешенные, которые мы "электризуем" либо трением о третье тело, либо контактом с уже наэлектризованным телом. Сразу же возникает сила отталкивания, которая отталкивает два тела друг от друга в противовес действию силы тяжести. Эта сила могла бы заново выполнить ту же механическую работу, которая была затрачена на ее производство.[27]

Рис. 27.

Рис. 28.

Теперь Куломб посредством тонких экспериментов с торсионными весами убедился, что если рассматриваемые тела, скажем, на расстоянии двух сантиметров, отталкиваются друг от друга с той же силой, с какой миллиграммовый груз стремится упасть на землю, то на половине этого расстояния или на расстоянии одного сантиметра они будут отталкиваться друг от друга с силой в четыре миллиграмма, а на удвоенном расстоянии или на расстоянии четырех сантиметров они

будут отталкивать другдруга с силой всего в одну четвертую миллиграмма. . Он обнаружил, что электрическая сила действует обратно пропорционально квадрату расстояния.

Давайте представим теперь, что у нас есть какое-нибудь средство измерения электрического отталкивания с помощью гирь, средство, которое обеспечивалось бы, например, нашими электрическими маятниками; тогда мы могли бы сделать следующее наблюдение.

Тело *A* (рис. 28) отталкивается телом *K* на расстояние двух сантиметров с силой в один миллиграмм. Если мы сейчас коснемся *A* с равным телом *B*, половина этой силы отталкивания перейдет к телу *B*; и *A*, и *B*, теперь, на расстоянии двух сантиметров от*K*, отталкиваются только с силой в полмиллиграмма. Но и то, и другое вместе отталкивается все еще с силой в один миллиграмм. Следовательно, *делимость электрической силы* между соприкасающимися телами *является фактом*. Полезным, но ни в коем случае не необходимым дополнением к этому факту является представление электрического флюида, присутствующего в теле *A*, количество которого изменяет электрическую силу и половина которого перетекает в *B*. Ибо, таким образом, на место новой физической картины приходит старая, знакомая, которая спонтанно движется по своим привычным курсам.

Придерживаясь этой идеи, мы определяем *единицу* электрического количества в соответствии с ныне почти повсеместно принятой системой сантиметр-грамм-секунда (C. G. S.) как величину, которая на расстоянии одного сантиметра отталкивает величину, равную единице силы, то есть с силой, которая за одну секунду придала бы массе в один грамм приращение скорости на сантиметр. Поскольку граммовая масса приобретает под действием силы тяжести приращение скорости примерно на 981 сантиметр в секунду, соответственно, грамм притягивается к земле с силой 981, или, в круглых числах, 1000 единиц силы в системе сантиметр-грамм-секунда, в то время как миллиграммовый вес будет стремиться упасть на землю с силой, равной примерно единице этой системы.

С помощью этого средства мы можем легко получить четкое представление о том, каково удельное количество электроэнергии. Два маленьких тела, *K*, весом каждое в грамм, подвешены на вертикальных нитях длиной пять метров и почти невесомы, так что они касаются друг друга. Если два тела одинаково наэлектризованы и при наэлектризовывании расходятся на расстояние в один сантиметр, их заряд приблизительно эквивалентен электростатической единице электрического количества, поскольку отталкивание тогда удерживает в равновесии гравитационную силу, составляющую приблизительно один миллиграмм, которая стремится сблизить тела.

Вертикально под небольшой сферой, подвешенной к уравновешивающей балке весов, на расстоянии сантиметра расположена вторая сфера. Если оба они будут одинаково наэлектризованы, то сфера, подвешенная к весам, станет явно легче из-за отталкивания. Если при добавлении веса в один миллиграмм равновесие восстанавливается, каждая из сфер содержит в круглых числах электростатическую единицу электрической величины.

Ввиду того факта, что одни и те же электрические тела оказывают друг на друга на разных расстояниях различные силы, можно было бы сделать исключение из разработанной здесь меры величины. Что это за величина, которая сейчас весит больше, а теперь, так сказать, весит меньше? Но это очевидное отклонение от метода определения, обычно используемого в практической жизни, то есть по весу, при ближайшем рассмотрении является согласием. На

высокой горе тяжелая масса также притягивается к земле с меньшей силой, чем на уровне моря, и если нам позволено в наших определениях пренебрегать рассмотрением уровня, то это только потому, что сравнение тела с фиксированными условными весами неизменно производится на том же уровне. Фактически, если бы мы хотели заставить один из двух гирь, уравновешенных на наших весах, ощутимо приблизиться к центру земли, подвесив его на очень длинной нити, как предложил профессор фон Джолли из Мюнхена, мы должны были бы пропорционально увеличить тяжесть этого груза.

Давайте представим себе теперь две разные электрические жидкости, положительную и отрицательную, такой природы, что частицы одной притягивают частицы другой по закону обратных квадратов, но частицы одной и той же жидкости отталкиваются друг от друга по тому же закону; в неэлектрических телах давайте представим две жидкости, равномерно распределенные в равных количествах, в электрических телах одна из двух в избытке; в проводниках, далее, давайте представим жидкости подвижными, в непроводниках неподвижными; сформировав такие картины, мы обладаем концепцией, которую развил Кулони и к которой мы пришли. он придавал математическую точность. Нам нужно только дать этой концепции волю в наших умах, и мы увидим, как на четкой картинке частицы жидкости, скажем, положительно заряженного проводника, удаляются друг от друга так далеко, как только могут, все устремляются к поверхности проводника и там отыскивают выступающие части и точки, пока не будет выполнен максимально возможный объем работы. При увеличении размера поверхности мы видим дисперсию, при уменьшении ее размера мы видим конденсацию частиц. Во втором неэлектрифицированном проводнике, подведенном вплотную к первому, мы видим, как две жидкости немедленно разделяются: положительная собирается на удаленной стороне, а отрицательная - на соседней стороне его поверхности. В том факте, что эта концепция ясно и спонтанно воспроизводит все данные, которые лишь медленно и постепенно обнаруживались в результате напряженных исследований, заключается ее преимущество и научная ценность. Этим ее ценность также исчерпывается. Мы не должны искать в природе две гипотетические жидкости, которые мы добавили как простые ментальные дополнения, если не хотим сбиться с пути. Точка зрения Кулона может быть заменена совершенно иной, например, точкой зрения Фарадея, и наиболее правильным всегда будет, после получения общего обзора, вернуться к реальным фактам, к электрическим силам.

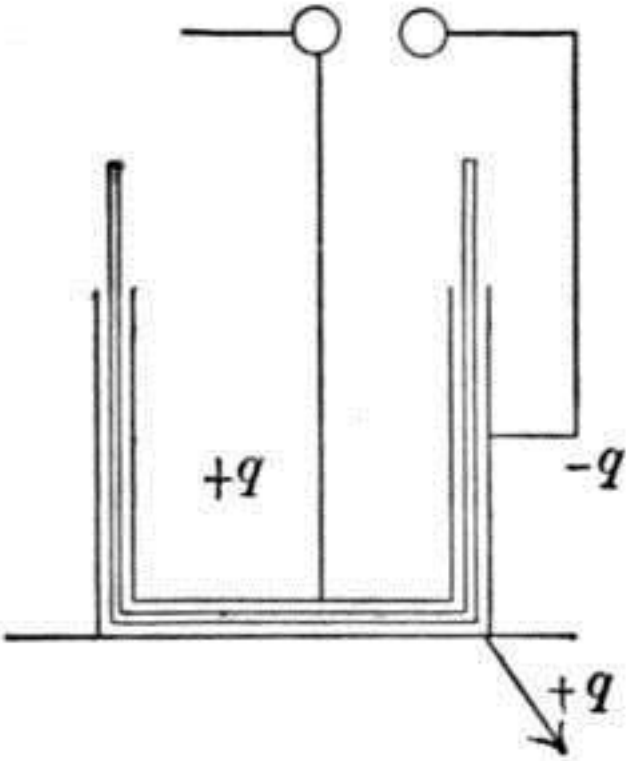


Рис. 29.

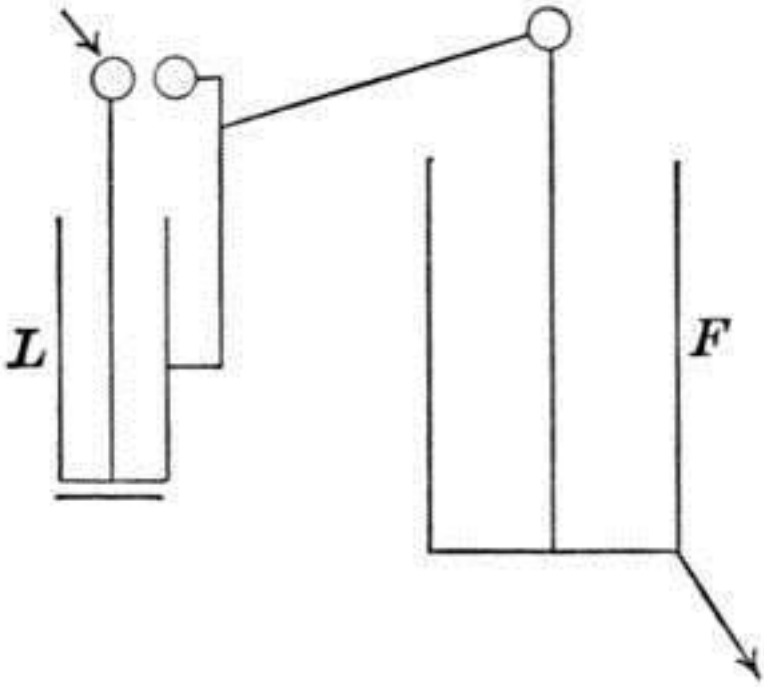


Рис. 30.

Теперь мы познакомимся с понятием электрической величины и с методом ее измерения или оценки. Представьте себе обычную лейденскую банку (рис. 29), внутренняя и внешняя поверхности которой соединены между собой с помощью двух обычных металлических ручек, расположенных примерно в сантиметре друг от друга. Если внутреннее покрытие заряжено

количествомэлектричества +*q*, то на внешнем покрытии будет происходить распределение электроэнергии. Положительное количество, почти равное[28] количеству +*q*, стекает на землю, в то время как соответствующее количество-*q* все еще остается на внешнем покрытии. Ручки банки получают свою порцию этих количеств, и когда количество *q* достаточно велико, происходит разрыв изолирующего воздуха между ручками, сопровождающийся саморазрядом банки. При любом заданном расстоянии и размере ручек для самопроизвольного разряда банки всегда необходим заряд определенного электрического тока *q*.

Давайте теперь изолируем внешнее покрытие резервуара*L*, только что описанного резервуара, и соединим с ним внутреннее покрытие резервуара *F*, наружно соединенного с землей (рис. 30). Каждый раз, когда в этот *L* добавляется +*q*, такое же количество +*q* скапливается на внутреннем покрытии *F*, и происходит самопроизвольное опорожнение банки *L*, которая теперь снова пуста. Таким образом, количество разрядов из банки *L* дает нам представление о количестве скопившегося в банке *F*, и если после 1, 2, 3 ... самопроизвольных разрядов*L* банка *F* разряжается, очевидно, что заряд *F* был пропорционально увеличен.

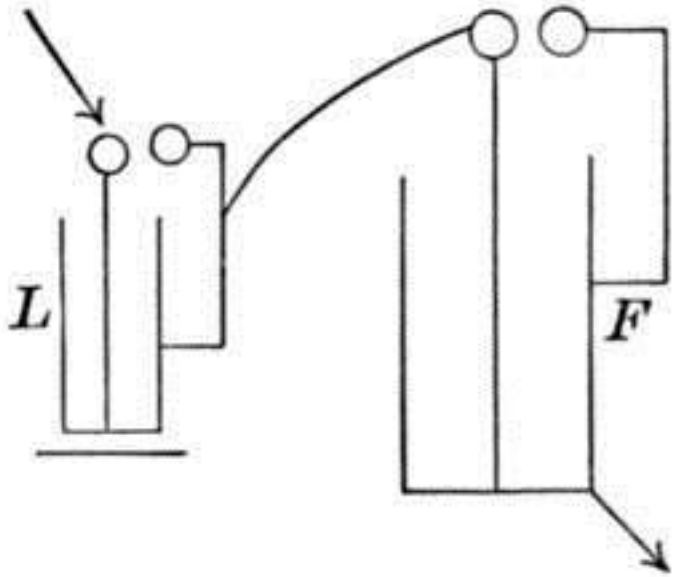


Рис. 31.

Снабдим теперь, для осуществления самопроизвольного разряда, банку *F* ручками того же размера и на том же расстоянии друг от друга, что и у банки *L* (рис. 31). Таким образом, если мы обнаружим, что происходит пять разрядов единичного сосуда, прежде чем произойдет один самопроизвольный разряд сосуда *F*, то очевидно, что сосуд *F* при равных расстояниях между ручками двух сосуд, равных расстояниях удара, способен удерживать в пять раз больше электричества, чем *L*, то есть имеет в пять раз большую *емкость* of *L*.

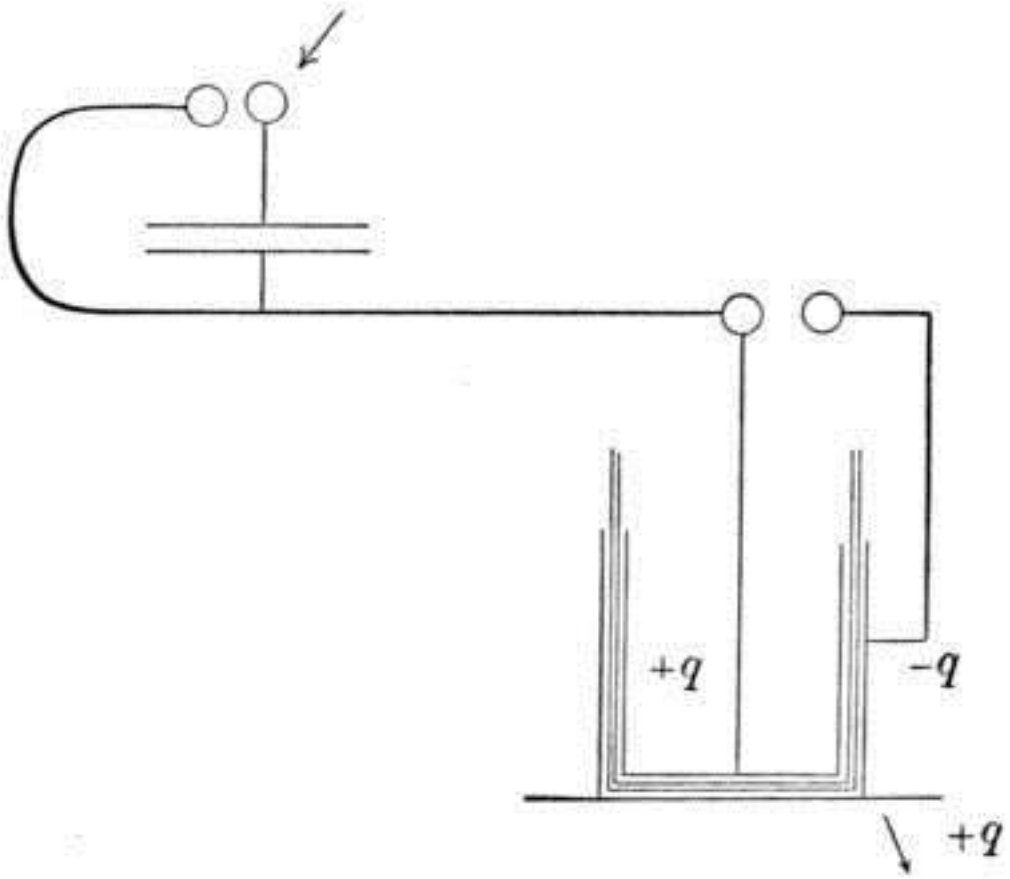


Рис. 32.

Теперь мы заменим единицу измерения *L*, с помощью которой мы измеряем электричество, так сказать, *в* банке *F*, на панель Франклина, состоящую из двух параллельных плоских металлических пластин (рис. 32), разделенных только воздухом. Если здесь, например, тридцати самопроизвольных выпусков стекла достаточно, чтобы заполнить банку, то десяти выпусков будет достаточно, если воздушное пространство между двумя пластинами заполнить сернистой крошкой. Следовательно, емкость куска серы Франклина примерно в три раза больше, чем у куска такой же формы и размера, сделанного из воздуха, или, как принято говорить, удельная индуктивная способность серы (воздуха, взятого за единицу измерения) составляет около 3.[30] Здесь мы пришли к очень простому факту, который ясно показывает нам значение числа называется *диэлектрической проницаемостью*, или *удельной индуктивной способностью*, знание которой так важно для теории подводных кабелей.

Давайте рассмотрим сосуд *A*, который заряжен определенным количеством электричества. Мы можем опорожнить банку напрямую. Но мы также можем частично перелить содержимое банки*A* (рис. 33) в банку *B*, соединив два внешних покрытия друг с другом. При этой операции часть количества электричества проходит, сопровождаемого искрами, в сосуд *B*, и теперь мы обнаруживаем, что оба сосуда заряжены.

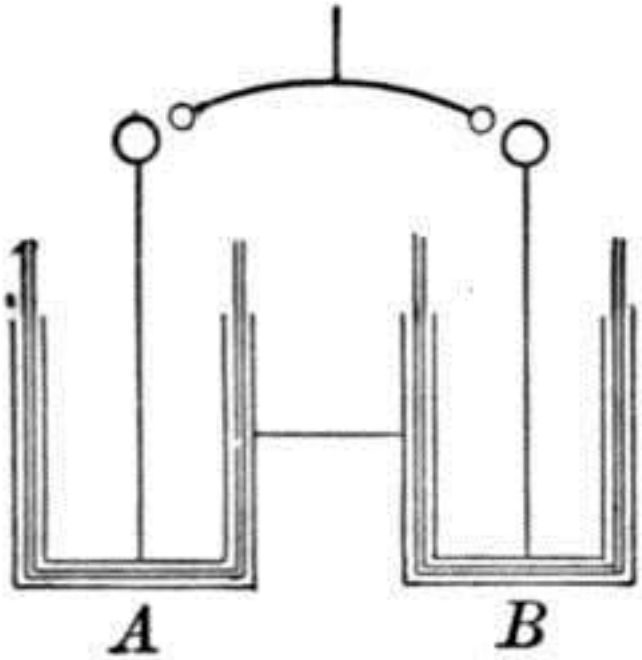


Рис. 33.

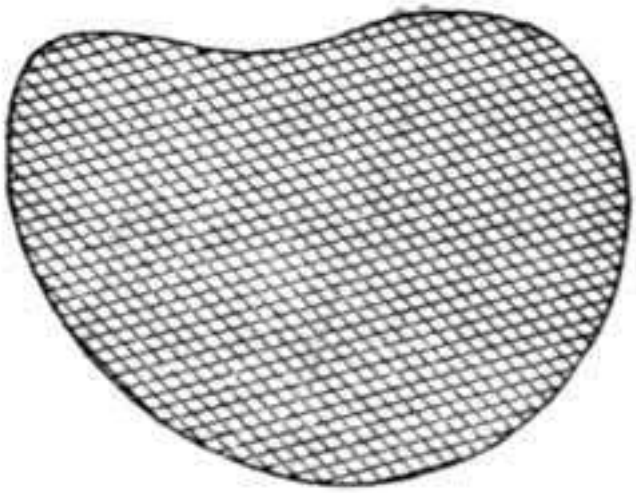


Рис. 34.

Следующим образом можно показать, что концепцию постоянного количества электричества можно рассматривать как выражение чистого факта. Представьте себе любой электрический проводник (рис. 34); разрежьте его на большое количество маленьких кусочков и разместите эти кусочки с помощью изолированного стержня на расстоянии одного сантиметра от электрического тела, которое действует с единицей силы на такое же по форме тело на том же расстоянии. Возьмем сумму сил, которые это последнее тело оказывает на отдельные части проводника. Сумма этих сил будет количеством электричества во всем проводнике. Это остается неизменным, независимо от того, меняем ли мы форму и размер проводника, приближаем ли мы его ко второму электрическому проводнику или отодвигаем от него, при условии, что мы сохраняем его изолированным, то есть не разряжаем.

Основа реальности для понятия электрической величины, по-видимому, также предстает с другой стороны. Если ток, то есть, в обычном представлении, определенное количество электричества в секунду, пропускается через столб подкисленной воды; в направлении положительного потока выделяется водород, но в противоположном направлении на концах столба выделяется кислород. При заданном количестве электричества образуется заданное количество кислорода. Вы можете представить столб воды как столб водорода и столб кислорода, вложенных друг в друга, и можете сказать, что электрический ток - это химический ток, и *наоборот*. Хотя этого представления труднее придерживаться в области статического электричества и с неразложимыми проводниками, его дальнейшее развитие ни в коем случае не безнадежно.

Понятие количества электричества, таким образом, не такое уж воздушное, как может показаться, но способно с уверенностью провести нас через множество разнообразных явлений и предлагается нам фактами в почти осязаемой форме. Мы можем накапливать электрическую силу в теле, отмерять ее из одного тела в другое, переносить ее из одного тела в другое, точно так же, как мы можем собрать жидкость в сосуд, отмерить ее из одного сосуда в другой или перелить из одного в другой.

Для анализа механических явлений оказалось полезным метрическое понятие, полученное из опыта и обозначаемое как *работа*. Машина может быть приведена в движение только тогда, когда действующие на нее силы могут выполнять работу.

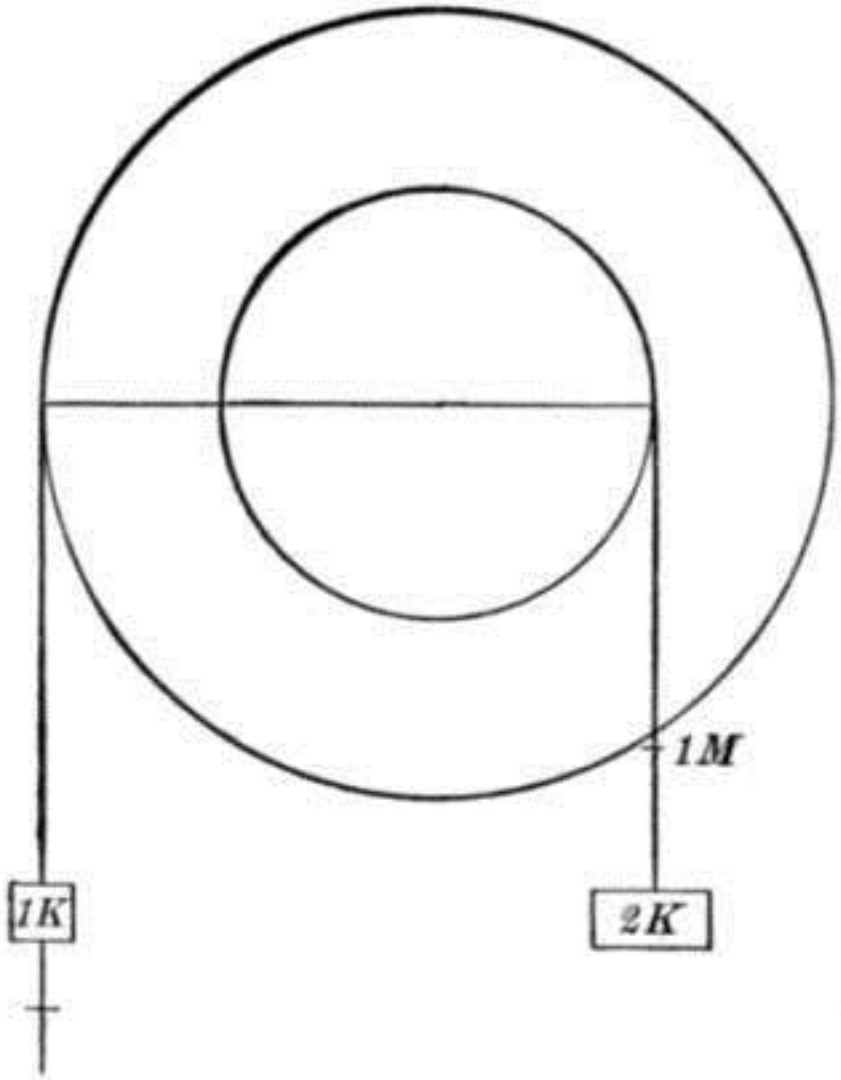


Рис. 35.

Рассмотрим, например, колесо и ось (рис. 35) радиусом 1 и 2 метра, нагруженные соответственно весом 2 и 1 килограмм. При повороте колеса и оси, скажем, 1-килограммовый груз опускается на два метра, в то время как 2-килограммовый груз поднимается на один метр. С обеих сторон изделия

KGR. M. KGR. M.

1 × 2 = 2 × 1.

равно. Пока это так, колесо и ось не будут двигаться сами по себе. Но если мы возьмем такие нагрузки или так изменим радиусы колес, что этот продукт (кгр. × метр) при перемещении будет избыточным с одной стороны, эта сторона утонет. Как мы видим, этот продукт характерен для механических мероприятий, и по этой причине ему было присвоено особое название -*work*.

Во всех механических процессах, а поскольку все физические процессы имеют механическую сторону, во всех физических процессах работа играет определяющую роль. Электрические силы также производят изменения только в том, в каком режиме выполняется работа. В той

мере, в какой силы вступают в игру в электрическихявлениях, электрические явления, какими бы они ни были, распространяются на область механики и подчиняются законам, действующим в этой области. Общепринятой мерой работы в настоящее время является произведение силы на расстояние, на которое она действует, а в системе CGS единицей работы является действие на один сантиметр силы, которая за одну секунду придала бы грамму массы приращение скорости на один сантиметр, то есть, в круглых числах, действие на сантиметр давления, равного весу миллиграмма. От положительно заряженного тела электричество, подчиняясь силе отталкивания и выполняя работу, стекает к земле, обеспечивая существование проводящих соединений. С другой стороны, для отрицательно заряженного тела земля при тех же обстоятельствах выделяет положительное электричество. Электрическая работа, возможная при взаимодействии тела с землей, характеризует электрическое состояние этого тела. Мы будем называть работу, которая должна быть затрачена на единицу положительного электричества, чтобы поднять его от земли к телу*K*, *потенциалом* тела *K*.[31]

Мы приписываем телу *K* в системе C. G. S. потенциал +1, если мы должны затратить единицу работы, чтобы поднять положительную электростатическую единицу электрического количества от земли к этому телу; потенциал -1, если мы получаем при этой процедуре единицу работы; потенциал 0, если при операции вообще не выполняется никакой работы.

Различные части одного и того же электрического проводника в состоянии электрического равновесия имеют одинаковый потенциал, поскольку в противном случае электричество совершало бы работу и перемещалось по проводнику, и равновесия не существовало бы. Различные проводники с равным потенциалом, соединенные друг с другом, обмениваются электричеством не больше, чем тела одинаковой температуры, находящиеся в контакте, обмениваются теплом, или в соединенных сосудах, в которых существует одинаковое давление, жидкости перетекают из одного сосуда в другой. Обмен электричеством происходит только между проводниками с разными потенциалами, но в проводниках данной формы и положения необходима определенная разность потенциалов, чтобы искра, пронзающая изолирующий воздух, прошла между ними.

При подключении все два проводника одновременно принимают одинаковый потенциал. При этом дается средство определения потенциала проводника с помощью второго проводника, специально приспособленного для этой цели, называемого электрометром, точно так же, как мы определяем температуру тела с помощью термометра. Полученные таким образом значения потенциалов тел значительно упрощают наш анализ их электрического поведения, как будет очевидно из сказанного.

Представьте себе положительно заряженный проводник. Удваиваем все электрические силы, действующие этим проводником на точку, заряженную единичным количеством, то есть удваиваем количество в каждой точке, или, что то же самое, удваиваем общий заряд. Очевидно, равновесие все еще сохраняется. Но теперь перенесите положительную электростатическую единицу к проводнику. Везде нам придется преодолевать вдвое большую силу отталкивания, чем раньше, везде нам придется затрачивать вдвое больше работы. При удвоении заряда проводника создается двойной потенциал. Заряд и потенциал идут рука об руку, пропорциональны. Следовательно, называя общее количество электроэнергии в проводникеQ и его потенциал V, мы можем записать: $Q = CV$, где C обозначает константу, значение которой будет понятно просто из того, что $C = Q/V$.[32] Но деление числа,

представляющего единицы количества проводника, на число, представляющее его единицы потенциала, сообщает нам величину, приходящуюся на долю единицы потенциала. Теперь число *C* здесь мы называем емкостью проводника и заменили, таким образом, вместо старого относительного определения емкости абсолютное определение.[33]

В простых случаях легко устанавливается связь между зарядом, потенциалом и емкостью. Наш проводник, скажем, представляет собой сферу радиуса *r*, свободно подвешенную в большом объеме воздуха. Поскольку поблизости нет других проводников, заряд *q* тогда равномерно распределится по поверхности сферы, и простые геометрические соображения дают для его потенциала выражение $V = q/r$. Следовательно, $q/V = r$; то есть емкость сферы измеряется ее радиусом, а в системе CGS - в сантиметрах.[34] Ясно также, поскольку потенциал - это величина, деленная на длину, что величина, деленная на потенциал, должна быть длиной.

Представьте (рис. 36) банку, состоящую из двух концентрических проводящих сферических оболочек радиусов *r* и r_1, между которыми находится только воздух. Соединяя внешнюю сферу с землей и заряжая внутреннюю сферу с помощью тонкого изолированного провода, проходящего через первую, количеством*Q*, мы будем иметь $V = (r_1-r)/(r_1r)Q$, а для емкости в этом случае $(r_1r)/(r_1-r)$, или, если взять конкретный пример, если $r = 16$ и $r_1 = 19$, то пропускная способность составляет около 100 сантиметров.

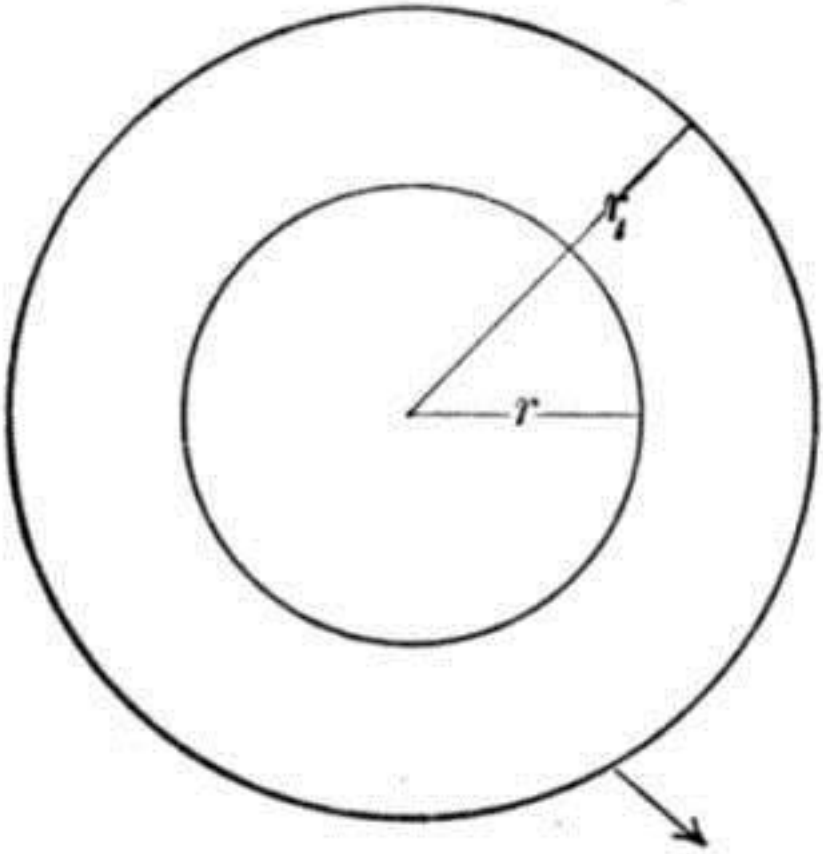


Рис. 36.

Теперь мы воспользуемся этими простыми примерами для иллюстрации принципа, по которому определяются мощность и потенциал. Во-первых, ясно, что мы можем использовать банку,

состоящую из концентрических сфер, с известной емкостью в качестве нашей единичной банки и с помощью этого определить, описанным выше способом, емкость любой данной банки *F*. Мы обнаруживаем, например, что 37 разрядов этой единичной банки емкостью 100 просто заряжают исследуемую банку на том же расстоянии поражения, то есть при том же потенциале. Следовательно, емкость исследуемого сосуда составляет 3700 сантиметров. Большая батарея Пражской физической лаборатории, состоящая из шестнадцати таких банок почти одинакового размера, имеет, следовательно, емкость около 50 000 сантиметров, или емкость сферы диаметром в километр, свободно подвешенной в атмосферном пространстве. Это замечание отчетливо показывает нам огромное преимущество, которым обладают лейденские банки для хранения электричества по сравнению с обычными проводниками. На самом деле, как указывал Фарадей, банки отличаются от простых проводников главным образом своей большой емкостью.

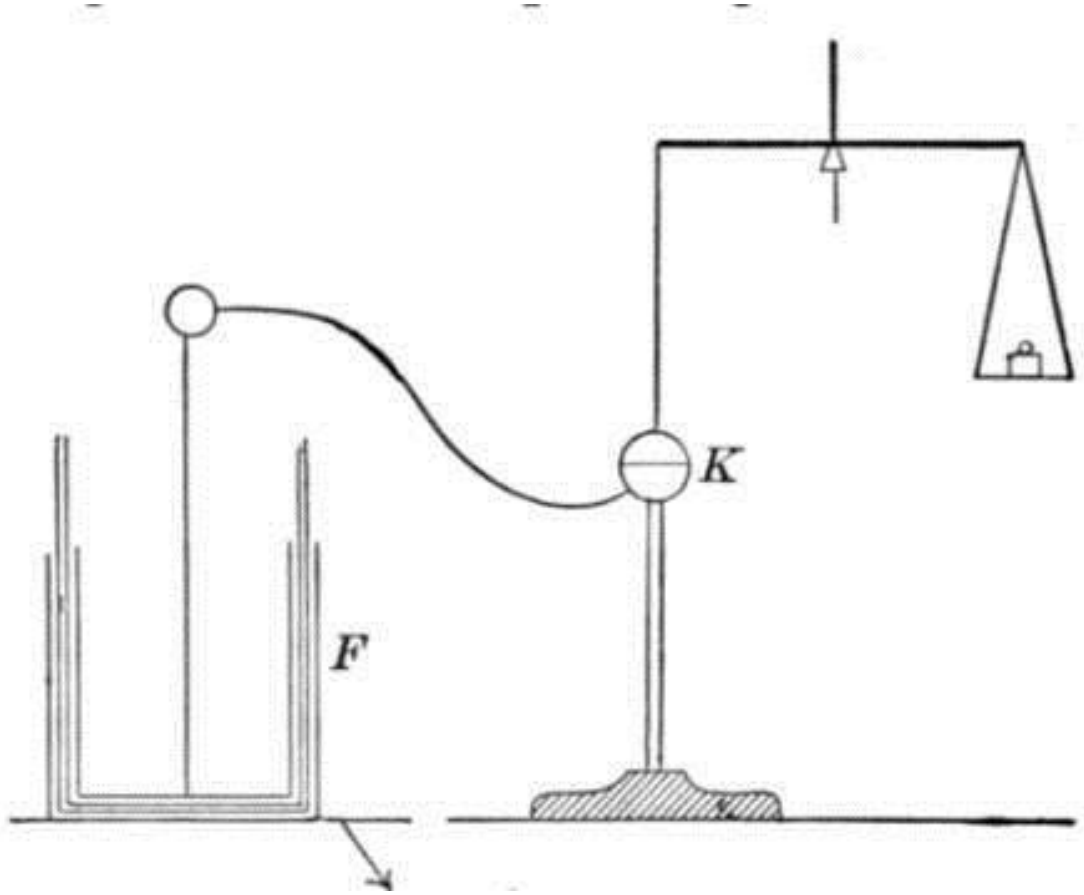


Рис. 37.

Для определения потенциала представьте внутреннее покрытие банки *F*, внешнее покрытие которой сообщается с землей, соединенной длинным тонким проводом с проводящей сферой *K*, свободно размещенной в большом атмосферном пространстве, по сравнению с размерами которой радиус сферы обращается в нуль. (Рис. 37.) Сосуд и сфера одновременно приобретают одинаковый потенциал. Но на поверхности сферы, если она достаточно удалена от всех других проводников, будет обнаружен равномерный слой электричества. Если сфера, имеющая радиус *r*, содержит заряд *q*, ее потенциал равен $V = q/r$. Если верхнюю половину сферы отделить от нижней половины и уравновесить на весах, с одной из балок которых она соединена шелковыми нитями, верхняя половина будет отталкиваться от нижней половины с силой $P = q^2/8r^2 = 1/8V^2$. Это отталкивание *P* может быть уравновешено дополнительными грузами,

размещенными на конце балки, и таким образом установлено. Тогда потенциал равен $V = \sqrt{(8P)}$.[35]

Нетрудно заметить, что потенциал пропорционален квадратному корню из силы. Удвоение или утроение потенциала означает, что заряд всех частей удваивается или утраивается; следовательно, их совокупная сила отталкивания увеличивается вчетверо или не увеличивается вовсе.

Давайте рассмотрим частный случай. Я хочу создать потенциал 40 на сфере. Какой дополнительный вес я должен придать полусфере в граммах, чтобы сила отталкивания поддерживала баланс в точном равновесии? Поскольку вес в грамме приблизительно эквивалентен 1000 единицам силы, нам остается разработать только следующий простой пример: $40 \times 40 = 8 \times 1000.x$, где x обозначает количество граммов. В круглых числах получаем $x = 0{,}2$ грамма. Я наполняю банку. Баланс нарушен; я достиг, или, скорее, перевалил за 40-й потенциал, и вы видите, когда я разряжаю банку, соответствующую искру.[36]

Расстояние удара между ручками станка увеличивается с увеличением разности потенциалов, хотя и не пропорционально этой разнице. Расстояние удара увеличивается быстрее, чем разность потенциалов. При расстоянии между ручками в один сантиметр на этой машине разница потенциалов составляет 110. Ее можно легко увеличить в десять раз. Об огромных различиях потенциалов, которые встречаются в природе, некоторое представление можно получить из того факта, что расстояние удара молнии во время грозы исчисляется милями. Разница потенциалов в гальванических батареях значительно меньше, чем у нашей машины, поскольку для получения искры на микроскопическое расстояние требуется не менее сотни элементов.

Теперь мы воспользуемся достигнутыми идеями, чтобы пролить некоторый свет на другую важную связь между электрическими и механическими явлениями. Мы исследуем, какова потенциальная*энергия*, или *запас работы*, содержащийся в заряженном проводнике, например, в банке.

Если мы подводим некоторое количество электричества к проводнику, или, выражаясь менее образно, если мы создаем за счет работы электрическую силу в проводнике, эта сила способна заново произвести работу, за счет которой она была произведена. Насколько велика сейчас

энергия или работоспособность проводника с известным зарядом Q и известным потенциалом V?

Представьте, что данный заряд Q разделен на очень маленькие части q, q_1, q_2..., и эти маленькие части последовательно переносятся к проводнику. Первое очень небольшое количество q вырабатывается без какой-либо заметной работы и своим присутствием создает небольшой потенциал V'. Соответственно, чтобы получить вторую величину, мы должны выполнить работу $q''V''$, и аналогично для величин, которые следуют за работой $q''V''$, $q''V''$, и так далее. Теперь, поскольку потенциал возрастает пропорционально добавленным количествам до тех пор, пока не будет достигнуто значение V, мы имеем, в соответствии с графическим представлением на рис. 38, для общей выполненной работы,

$W = 1/2QV$,

что соответствует полной энергии заряженного проводника. Используя уравнение $Q = CV$, где C обозначает вместимость, мы также имеем,

$W = 1/2CV^2$, или $W = Q^2/2C$.

Возможно, будет полезно прояснить эту идею с помощью аналогии из области механики. Если мы постепенно перекачиваем некоторое количество жидкости, Q, в цилиндрический сосуд (рис. 39), уровень жидкости в сосуде будет постепенно повышаться. Чем больше мы закачали, тем большее давление мы должны преодолеть или тем выше уровень, до которого мы должны поднять жидкость. Накопленная работа снова становится доступной, когда тяжелая жидкость Q, которая достигает уровня h, вытекает. Эта работа W соответствует падению всей массы жидкости Q на расстояние $h/2$ или на высоту расположения ее центра тяжести. У нас есть

$W = 1/2Qh$.

Далее, поскольку $Q = Kh$, или поскольку вес жидкости и высота h пропорциональны, мы получаем также

$W = 1/2Kh^2$ и $W = Q^2/2K$.

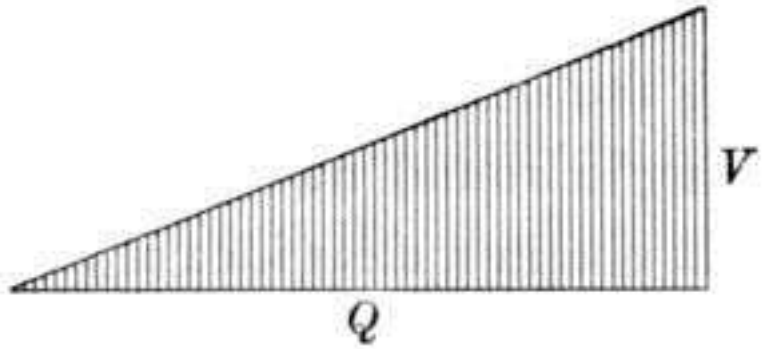


Рис. 38.

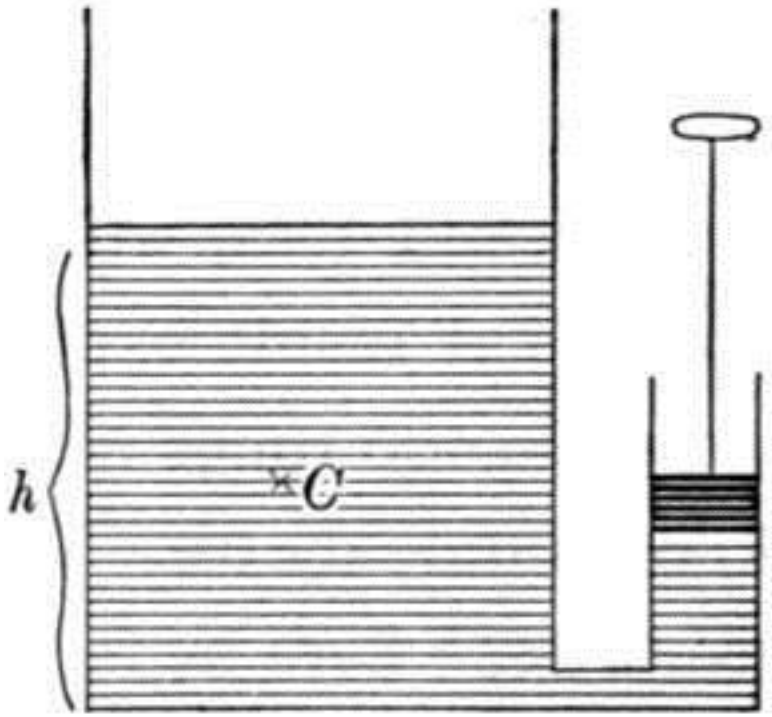


Рис. 39.

В качестве особого случая давайте рассмотрим нашу банку. Его мощность составляет *C* = 3700, его потенциал *V* = 110; соответственно, его количество *Q* = *CV* = 407 000 электростатических единиц и его энергия *Bm* = 1/2*QV* = 22 385 000 рабочих единиц CGS.

Единица измерения системы CGS не поддается легкому восприятию органами чувств и плохо поддается репрезентации, поскольку мы привыкли работать с весами. Поэтому давайте примем за единицу измерения грамм-сантиметр, или гравитационное давление грамма веса на расстоянии сантиметра, которое в круглых числах в 1000 раз больше единицы, принятой выше; в этом случае наш числовой результат будет примерно в 1000 раз меньше. Опять же, если мы перейдем, как к более знакомому на практике, к килограмм-метру в качестве нашей единицы измерения, то расстояние, увеличенное в сто раз, а вес в тысячу раз, будет в 100 000 раз больше. Числовой результат, выражающий проделанную работу, в этом случае в 100 000 раз меньше и выражается в круглых числах 0,22 килограмм-метра. Мы можем получить четкое представление о проделанной здесь работе, опустив килограммовую гирю на 22 сантиметра.

Этот объем работы, соответственно, выполняется при зарядке сосуда, а при его разрядке проявляется снова, в зависимости от обстоятельств, частично в виде звука, частично в виде механического разрушения изоляторов, частично в виде света и тепла и так далее.

Большая батарея пражской физической лаборатории с шестнадцатью емкостями, заряженными на равные потенциалы, обеспечивает, несмотря на впечатляющий эффект разряда, общий объем работы всего в три килограмм-метра.

В развитии изложенных выше идей мы не ограничены применяемым там методом; фактически, этот метод был выбран только как тот, который особенно подходит для ознакомления нас с явлениями. Напротив, связь физических процессов настолько разнообразна, что мы можем подойти к одному и тому же событию с самых разных сторон. В частности,

электрическиеявления связаны со всеми другими физическими событиями; и эта связь настолько тесна, что мы могли бы справедливо назвать изучение электричества теорией общей связи физических процессов.

Что касается принципа сохранения энергии, который объединяет электрические и механические явления, я хотел бы кратко указать на два пути дальнейшего изучения этой связи.

Несколько лет назад профессор Розетти, взяв машину воздействия, которую он приводил в движение с помощью гирь попеременно в электрическом и неэлектрическом режимах с одинаковыми скоростями, определил механическую работу, затраченную в обоих случаях, и таким образом получил возможность, после вычета работы трения, установить механическую работу, затраченную на выработку электричества.

Я сам провел этот эксперимент в измененной и, как мне кажется, более выгодной форме. Вместо того чтобы определять работу трения специальным испытанием, я устроил свой прибор так, чтобы она сама по себе устранялась при измерении и, следовательно, ею можно было пренебречь. Так называемый неподвижный диск станка, ось которого размещена вертикально, подвешен чем-то вроде люстры на трех вертикальных нитях равной длиныl на расстоянии r от оси. Только когда машина приводится в движение, этот неподвижный диск, представляющий собой тормоз Прони, благодаря своему взаимодействию с вращающимся диском получает изгиб α и момент кручения, который выражается через $D = (Pr^2/l)\alpha$, гдеP - вес диска.[37] Угол α определяется зеркалом, установленным на диске. Работа, затраченная на n оборотов , определяется как $2 - я$.

Если мы замкнем машину, как это сделал Розетти, мы получим непрерывный ток, обладающий всеми свойствами очень слабого гальванического тока; например, он вызывает отклонение в множителе, который мы вставляем, и так далее. Теперь мы можем непосредственно установить механическую работу, затраченную на поддержание этого тока.

Если мы заряжаем банку с помощью машины, энергия банки, используемая для образования искр, разрушения изоляторов и т.д., соответствует только части затраченной механической работы, вторая часть которой расходуется на дугу, образующую цепь.[38] Эта машина с вставленной крышкой позволяет в миниатюре изобразить передачу усилия, или, точнее, работу. И фактически для экономического коэффициента здесь действуют почти те же законы, что и для больших динамо-машин.

Другим способом исследования электрической энергии является ее преобразование в тепло. Давным-давно (1838), еще до того, как механическая теория теплоты приобрела свою нынешнюю популярность, Рисс проводил эксперименты в этой области с помощью своего электрического воздушного термометра или термоэлектрометра.

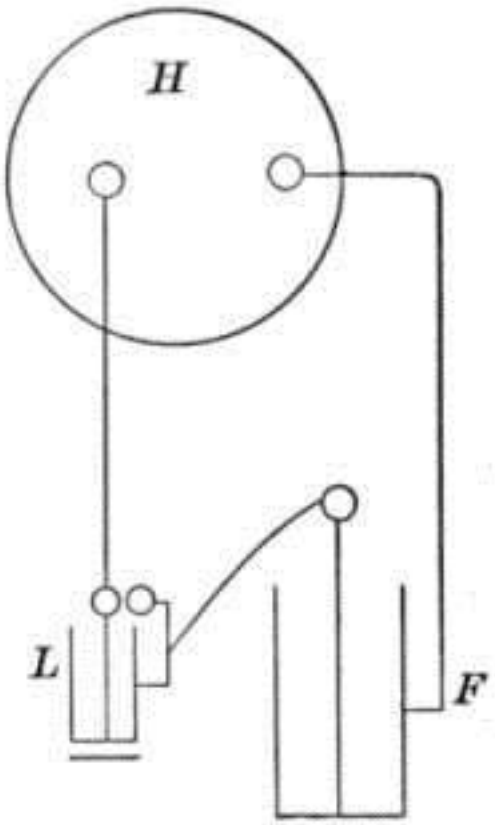


Рис. 40.

Если разряд проводить через тонкую проволоку, проходящую через шарик воздушного термометра, наблюдается выделение тепла, пропорциональное рассмотренному выше выражению $W = 1/2QV$. Хотя полная энергия еще не была преобразована этим способом в измеримое тепло, поскольку часть искры остается в воздухе за пределами термометра, все же все указывает на то, что общее количество тепла, выделяемое во всех частях проводника и вдоль всех путей разряда, эквивалентно работе $1/2KB$.

Здесь не важно, преобразуется ли электрическая энергия полностью или частично, постепенно. Например, если из двух равных банок одна заряжена величиной Q при потенциале V, то присутствующая энергия равна $1/2KB$. Если первую банку перелить во вторую, то *Напряжение*, поскольку емкость теперь удвоена, упадет до *Напряжения*/2. Соответственно, энергия $1/4KB$ остается, в то время как $1/4KB$ преобразуется в искре разряда в тепло. Остаток, однако, поровну распределяется между двумя банками, так что каждая из них при выгрузке все еще способна преобразовывать $1/8\ KB$ в тепло.

Мы здесь обсудили электричество в той ограниченной феноменальной форме, в которой оно было известно исследователям до Вольты и которая называлась, возможно, не очень удачно,

"статическим электричеством". Очевидно, однако, что природа электричества везде одна и та же; что существенной разницы между статическим и гальваническим электричеством не существует. Только количественные условия в двух областях настолько сильно различаются, что во второй могут проявиться совершенно новые аспекты явлений, например, магнитные эффекты, которые в первой остались незамеченными, в то время как,*наоборот*, во второй области статические притяжения и отталкивания едва заметны. На самом деле, мы можем легко показать магнитный эффект тока разряда воздействующей машины на гальваноскоп, хотя мы вряд ли могли бы сделать первоначальное открытие магнитных эффектов с этим током. Статическое дистанционное действие проволочных полюсов гальванического элемента также вряд ли было бы замечено, если бы это явление не было известно с другой стороны в поразительной форме.

Если бы мы хотели охарактеризовать эти две области в их главных и наиболее общих чертах, мы должны были бы сказать, что в первой играют роль высокие потенциалы и малые количества, во второй - малые потенциалы и большие количества. Разряжающаяся банка и гальванический элемент ведут себя в некотором роде подобно пневматическому пистолету и мехам органа. Первый внезапно выделяет под очень высоким давлением небольшое количество воздуха; второй постепенно высвобождает под очень слабым давлением большое количество воздуха.

В принципе, также ничто не мешает нам сохранить электростатические единицы измерения в области гальванического электричества и при измерении, например, силы тока по количеству электростатических единиц, которые протекают в секунду через его поперечное сечение. Но это было бы в двойном аспекте непрактично. Во-первых, мы должны полностью пренебречь магнитными средствами измерения, которые так удобно предлагает ток, и заменить это простое средство методом, который может быть применен лишь с трудом и не способен обеспечить большую точность. Во-вторых, наши единицы измерения были бы слишком малы, и мы оказались бы в затруднительном положении астронома, который попытался бы измерять небесные расстояния в метрах, а не в радиусах земли и земной орбите; поскольку ток, который по магнитному стандарту CGS соответствует единице измерения, потребовал бы прохождения примерно 30 000 000 000 электростатических единиц в секунду через его поперечное сечение. Соответственно, здесь должны быть приняты другие единицы измерения. Развитие этого пункта, однако, выходит за рамки моей нынешней задачи.

ПО ПРИНЦИПУ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ.[39]

В популярной лекции, отличающейся очаровательной простотой и ясностью, которую Джоуль прочитал в 1847 году,[40] этот знаменитый физик заявляет, что жизненная сила, которую тяжелое тело приобрело при спуске с определенной высоты и которую оно несет с собой в виде скорости, с которой оно впечатляется, является *эквивалентом* силы притяжения в пространстве, через которое падает тело. , и что было бы "абсурдно" предполагать, что эта живая сила может быть уничтожена без какого-либо восстановления этого эквивалента. Затем он добавляет: "Поэтому вы будете удивлены, услышав, что до самого *недавнего* времени всеобщим мнением было то, что живая сила может быть абсолютно и безвозвратно уничтожена по любому чьему-либо выбору". Добавим, что сегодня, по прошествии сорока семи лет, *закон сохранения энергии*везде, где существует цивилизация, принимается как полностью установленная истина и получает широчайшее применение во всех областях естествознания.

Судьба всех важных открытий схожа. При первом появлении они рассматриваются большинством людей как ошибки. Работа Дж. Р. Майера о принципе энергии (1842) была отвергнута первым физическим журналом Германии; трактат Гельмгольца (1847) имел не больший успех; и даже Джоуль, судя по намеку Плейфера, похоже, столкнулся с трудностями при своей первой публикации (1843). Постепенно, однако, люди приходят к пониманию того, что новая точка зрения была давно подготовлена и готова к провозглашению, только несколько избранных умов восприняли ее гораздо раньше, чем остальные, и таким образом преодолевается противодействие большинства. С доказательствами плодотворности нового взгляда, с его успехом уверенность в нем возрастает. Большинство людей, использующих его, не могут вдаваться в глубокий анализ; для них его успех является доказательством. Таким образом, может случиться так, что точка зрения, приведшая к величайшим открытиям, таким как теория калорийности Блэка, в последующий период в провинции, где она неприменима, на самом деле может стать препятствием для прогресса, поскольку закрывает нам глаза на факты, которые не согласуются с нашими любимыми концепциями. Если мы хотим защитить теорию от этой сомнительной роли, основания и мотивы ее эволюции и существования должны время от времени изучаться с предельной тщательностью.

Самые разнообразные физические изменения, тепловые, электрические, химические и так далее, могут быть вызваны механической работой. Когда такие изменения меняются местами, они заново производят механическую работу именно в том количестве, которое требовалось для изготовления перевернутой детали. Это *принцип сохранения энергии*; "энергия" - термин, который постепенно вошел в употребление для обозначения того "неразрушимого чего-то", мерой которого является механическая*работа*.

Как мы приобрели эту идею? Из каких источников мы ее почерпнули? Этот вопрос интересен не только сам по себе, но и по важной причине, о которой говорилось выше. Мнения, которых придерживаются относительно основ закона энергии, все еще очень сильно расходятся друг с другом. Многие объясняют этот принцип невозможностью вечного двигателя, которую они считают либо достаточно доказанной опытом, либо самоочевидной. В области чистой механики легко продемонстрировать невозможность вечного двигателя или непрерывного производства*работы* без некоторых *постоянных* изменений. Соответственно, если мы исходим из теории, что все физические процессы являются чисто *механическими* процессами, движениями молекул и атомов, мы также принимаем, посредством этой *механической* концепции физики, невозможность вечного движения во *всей* физической области. В настоящее время эта точка зрения, вероятно, насчитывает больше всего приверженцев. Другие исследователи, однако, выступают за принятие только чисто *экспериментального* установления закона энергии.

Из дальнейшего обсуждения явствует, что *все* упомянутые факторы способствовали развитию рассматриваемой точки зрения; но в дополнение к ним логический и чисто формальный фактор, до сих пор мало рассматривавшийся, также сыграл очень важную роль.

I. ПРИНЦИП ИСКЛЮЧЕННОГО ВЕЧНОГО ДВИГАТЕЛЯ.

Закон энергии в его современной форме не идентичен принципу исключенного вечного двигателя, но он очень тесно связан с ним. Последний принцип, однако, отнюдь ненов, поскольку в области механики он веками контролировал мысли и исследования величайших мыслителей. Давайте убедимся в этом, изучив несколько исторических примеров.

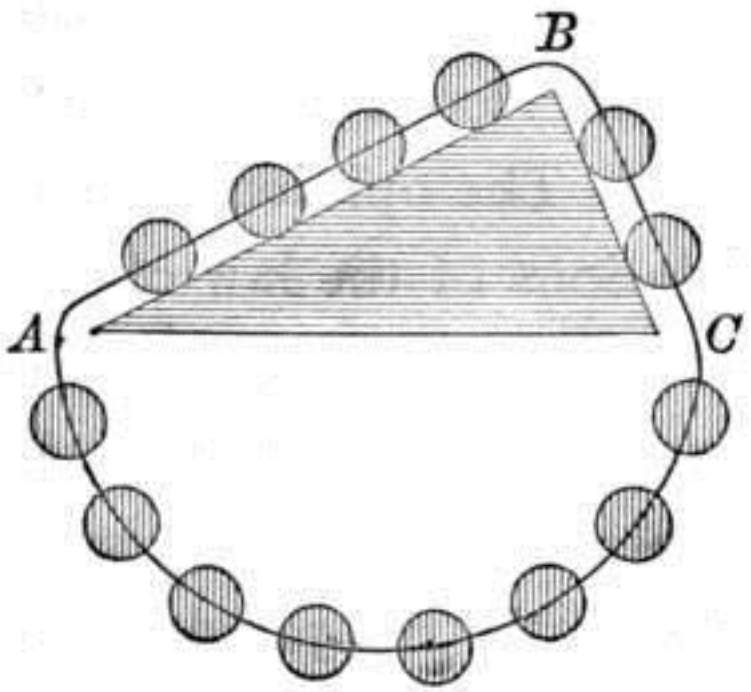


Рис. 41.

С. Стевинус в своей знаменитой работе *Hypomnemata mathematica*, Том. IV, *De statica*, (Лейден, 1605, стр. 34), рассматривает равновесие тел на наклонных плоскостях.

Над треугольной призмой *ABC*, одна сторона которой, *AC*, горизонтальна, натянут бесконечный шнур или цепь, к которым на равных расстояниях друг от друга прикреплены четырнадцать шариков одинакового веса, как показано в поперечном сечении на рисунке 41. Поскольку мы можем представить, что нижняя симметричная часть шнура *ABC* убрана, Стевинус приходит к выводу, что четыре шарика на *AB* удерживают в равновесии два шарика на *BC*. Ибо, если бы равновесие было хоть на мгновение нарушено, оно никогда не смогло бы сохраниться: шнур продолжал бы вечно вращаться в одном и том же направлении - у нас был бы вечный двигатель. Он говорит:

"Но если бы это произошло, наш ряд или кольцо шаров снова заняли бы свое первоначальное положение, и по той же причине восемь шаров слева снова были бы тяжелее шести шаров справа, и, следовательно, эти восемь опустились бы во второй раз, а эти шесть поднялись, и все шары продолжали бы двигаться сами по себе,*непрерывное и нескончаемое движение, что неверно*."[41]

Стевинус легко выводит из этого принципа законы равновесия на наклонной плоскости и многочисленные другие плодотворные следствия.

В главе "Гидростатика" той же работы, стр. 114, Стевинус устанавливает следующий принцип: "Aquam datam, datum sibi intra aquam locum servare" — данная масса воды сохраняет в воде свое заданное место.

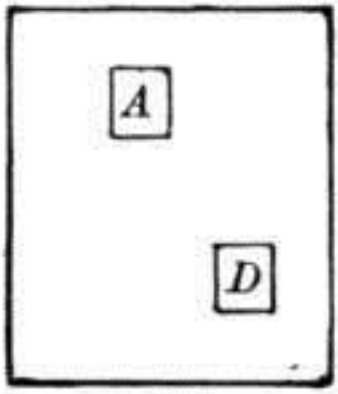


Рис. 42.

Этот принцип демонстрируется следующим образом (см. рис. 42):

"Ибо, предполагая, что это возможно естественным путем, давайте предположим, что A не сохраняет отведенное ему место, а опускается до D. Исходя из этого, вода, которая следует за A, по той же причине будет стекать и в*D*; *A* будет вытеснена со своего места в *D*; и, таким образом, этот водоем, поскольку условия в нем везде одинаковы, *приведет в движение вечный двигатель, что абсурдно*".[42]

Из этого выводятся все принципы гидростатики. По этому поводу Стевинус также впервые развивает мысль, столь плодотворную для современной аналитической механики, о том, что равновесие системы не нарушается добавлением жестких связей. Как мы знаем, принцип сохранения центра тяжести в настоящее время иногда выводят из принципа Д'Аламбера с помощью этого замечания. Если бы мы хотели воспроизвести сегодняшнюю демонстрацию Стевинуса, нам пришлось бы немного изменить ее. Нам нетрудно представить шнур на призме, находящийся в бесконечном равномерном движении, если отбросить все препятствия, но мы должны были бы протестовать против предположения об ускоренном движении или даже против предположения о равномерном движении, если бы сопротивления не были устранены. Более того, для большей точности доказательства цепочку шариков можно было бы заменить тяжелым однородным шнуром бесконечной гибкости. Но все это ни в малейшей степени не влияет на историческую ценность мыслей Стевинуса. Это факт, Стевинус выводит, по-видимому, гораздо более простые истины из принципа невозможности вечного двигателя.

В процессе мышления, который привел Галилея к его открытиям в конце шестнадцатого века, важную роль играет следующий принцип: тело благодаря скорости, приобретенной при падении, может подняться точно на ту же высоту, на какую оно упало. Этот принцип, который часто и с большой ясностью проявляется в мышлении Галилея, является просто другой формой принципа исключенного вечного двигателя, как мы увидим, он также присутствует у Гюйгенса.

Галилей, как мы знаем, пришел к закону равномерно ускоренного движения путем *априорных* рассуждений, как к закону, который был "самым простым и естественным", после того как сначала принял другой закон, который он был вынужден отвергнуть. Чтобы проверить свой закон, он провел эксперименты с падающими телами по наклонным плоскостям, измеряя время падения по весу воды, которая вытекала из маленького отверстия в большом сосуде. В этом эксперименте он принимает в качестве фундаментального принципа, что скорость, приобретаемая при спуске по наклонной плоскости, всегда соответствует вертикальной высоте, пройденной при спуске, - вывод, который для него является непосредственным следствием того факта, что тело, упавшее по одной наклонной плоскости, может с приобретенной им скоростью подняться по другой плоскости любого наклона только на ту же вертикальную высоту. Этот принцип высоты подъема также привел его, по-видимому, к закону инерции. Давайте послушаем его собственные мастерские слова в*"Диалог терцо"* (*Опера*, Падуя, 1744, Том. III). На странице 96 мы читаем:

"Я считаю само собой разумеющимся, что скорости, приобретаемые телом при спуске по плоскостям разного наклона, равны, если высоты этих плоскостей равны".[43]

Затем он заставляет Сальвиати сказать в диалоге:[44]

"То, что вы говорите, кажется очень вероятным, но я хочу пойти дальше и с помощью эксперимента так увеличить вероятность этого, что это будет почти абсолютной демонстрацией. Предположим, что этот лист бумаги представляет собой вертикальную стену, а на вбитом в нее гвозде висит свинцовый шарик весом в две или три унции на очень тонкой нитке*AB* длиной четыре или пять футов. (Рис. 43.) На стене отметьте горизонтальную линию *DC* перпендикулярную вертикальной линии *AB*, которая должна располагаться примерно в двух дюймах от стены. Если теперь нить *AB* с прикрепленным к ней шариком примет положение *AC*, а шарик будет отпущен, вы увидите, как шарик сначала опускается по дуге *CB* и, выйдя за пределы *B* поднимется по дуге *BD* почти до уровня линии *CD*, не достигая ее точно из-за сопротивления воздуха и нити. Из этого мы действительно можем заключить, что его импульс в точке *B*, полученный при спуске по дуге *CB*, достаточен для того, чтобы продвинуть его по аналогичной дуге *BD* на ту же высоту. Выполнив этот эксперимент и повторив его несколько раз, давайте вбьем в стену в проекции вертикали *AB*, как в точке *E* или в точке *F*, гвоздь длиной пять или шесть дюймов, так что нить *AC*, проходящая по-прежнему через дугу *CB*, в момент достижения положения *AB*, ударится о гвоздь *E*, и мяч, таким образом, будет вынужден двигаться вверх по дуге, *BG* описанной около *E* как центр. Тогда мы увидим, чего достигнет здесь тот же самый импульс, полученный теперь, как и раньше, в той же точке *B*, который затем заставил то же самое движущееся тело пройти по дуге *BD* до высоты горизонтали *CD*. Теперь, джентльмены, вам будет приятно увидеть, как мяч поднимается до горизонтальной линии в точке*G*, и то же самое произойдет, если гвоздь поместить ниже, чем в точке *F*, и в этом случае мяч будет описывать дугу *BJ*, всегда завершая свой подъем точно на линии*CD*. Если гвоздь расположен так низко, что длина нити под ним не достигает высоты *CD* (что произошло бы, если бы *F* была ближе к *B*, чем к пересечению *AB* с горизонтальной *CD*), то нить сама намотается на гвоздь. Этот эксперимент не оставляет места для сомнений в истинности этого предположения. Поскольку две дуги*CB*, *DB* равны и расположены аналогичным

образом, импульс, приобретаемый при спуске по дуге, *CB* такой же, как и при спуске по дуге *DB*; но импульс, приобретаемый в точке*B* при спуске по дуге *CB*, способен поднять то же движущееся тело по дуге *BD*; следовательно, также импульс, приобретаемый при спуске, *DB* равен тому, который приводит то же движущееся тело по той же дуге из *Om* до *D*, так что в общем случае каждый импульс, приобретаемый при спуске по дуге, равен тому, который заставляет одно и то же движущееся тело подниматься по той же дуге; но все импульсы, которые вызывают подъем по всем дугам *BD*, *BG*, *BJ*, равны, поскольку они создаются одним и тем же импульсом, приобретенным при спуске *CB*, как показывает эксперимент: следовательно, все импульсы, приобретаемые при спуске по дугам *DB*, *GB*, *JB* равны".

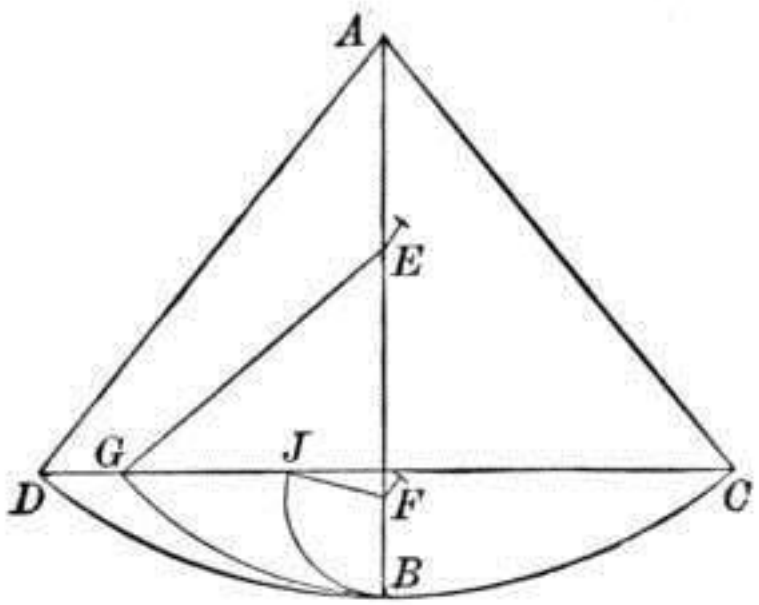


Рис. 43.

Замечание относительно маятника может быть применено к наклонной плоскости и приводит к закону инерции. Мы читаем на странице 124:[45]

"Теперь ясно, что подвижное тело, выходящее из состояния покоя в точке *A* и спускающееся вниз по наклонной плоскости *AB*, приобретает скорость, пропорциональную приращению его времени: скорость, которой оно обладает в точке*B*, является наибольшей из приобретенных скоростей и по своей природе остается неизменной при условии устранения всех причин нового ускорения или замедления: я говорю ускорение, имея в виду его возможное дальнейшее продвижение по расширенной плоскости; замедление, принимая во внимание возможность его обращения вспять и установки на восходящую плоскость *BC*. Но в горизонтальной плоскости *GH* его равномерное движение в соответствии с его скоростью, приобретенной при спуске из *A* в , will be continued *ad infinitum*до бесконечности." (Рис. 44.), - говорит он.,- ".....

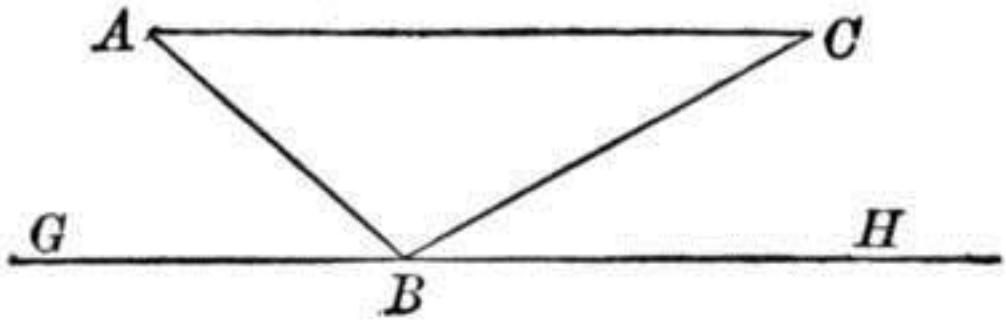


Рис. 44.

Гюйгенс, на плечи которого легла каминная доска Галилея, формирует более четкое представление о законе инерции и обобщает принцип, касающийся высот восхождения, который был столь плодотворен в руках Галилея. Он использует последний принцип при решении проблемы центра колебаний и совершенно ясно заявляет, что принцип, касающийся высоты подъема, идентичен принципу исключенного вечного двигателя.

Затем следуют следующие важные пассажи (Hugenii, *Horologium oscillatorium, pars secunda*). *Гипотезы*:

"Если бы не существовало силы тяжести и атмосфера не препятствовала движению тел, тело всегда сохраняло бы однажды сообщенное ему движение с одинаковой скоростью по прямой".[46]

В четвертой части *Часового дела центра колебаний* мы читаем:

"Если какое-либо количество грузов приводится в движение силой тяжести, общий центр тяжести всех грузов в целом никак не может подняться выше того места, которое он занимал в начале движения.

"Чтобы эта наша гипотеза не вызывала сомнений, мы заявим, что она просто подтверждает то, чего никто никогда не отрицал, а именно, что тяжелые тела не движутся*вверх*.— И действительно, если бы разработчики новых машин, которые предпринимают такие тщетные попытки сконструировать вечный двигатель, ознакомились с этим принципом, их можно было бы легко заставить увидеть свои ошибки и понять, что это совершенно невозможно механическими средствами ".[47]

Возможно, в словах "механические средства" содержится иезуитская ментальная оговорка. Из них можно было бы заключить, что Гюйгенс считал возможным немеханический вечный двигатель.

Обобщение принципа Галилея еще более четко изложено в п. IV той же главы:

"Если маятник, состоящий из нескольких гирь, приведенный в движение из состояния покоя, завершит какую-либо часть своего полного колебания, и с этого момента отдельные гири, при расторгнутых их общих связях, изменят приобретенные скорости вверх

иподнимутся как можно выше, общий центр тяжести всех будет перенесен на ту же высоту, которую он занимал до начала колебания".[48]

На этом последнем принципе, который является обобщением применительно к системе масс одной из идей Галилея, касающейся единой массы, и который, исходя из объяснения Гюйгенса, мы признаем как принцип исключенного вечного движения, Гюйгенс основывает свою теорию центра колебаний. Лагранж характеризует этот принцип как ненадежный и радуется успешной попытке Джеймса Бернулли в 1681 году свести теорию центра колебаний к законам рычага, которые показались ему более ясными. Все великие исследователи семнадцатого и восемнадцатого веков ломали копья над этой проблемой, и в конечном итоге она привела, в сочетании с принципом виртуальных скоростей, к принципу, сформулированному Д'Аламбером в 1743 году в его *Характеристике динамики*, хотя ранее Эйлер и Герман использовали его в несколько иной форме.

Более того, принцип Гюйгенса, касающийся высоты подъема, стал основой "закона сохранения живой силы", как он был сформулирован Джоном и Даниэлем Бернулли и с таким поразительным успехом применен последним в его *гидродинамике*. Теоремы Бернулли отличаются только по форме от выражения Лагранжа в *Аналитической механике*.

Способ, которым Торричелли пришел к своему знаменитому закону истечения жидкостей, снова приводит к нашему принципу. Торричелли предположил, что жидкость, вытекающая из основного отверстия сосуда, из-за скорости истечения не может подняться на большую высоту, чем ее уровень в сосуде.

Давайте теперь рассмотрим вопрос, относящийся к чистой механике, - историю принципа *виртуальных движений* или *виртуальных скоростей*. Этот принцип был впервые сформулирован не Галилеем, как это обычно утверждается, и как также утверждает Лагранж, а ранее, Стевином. В своей *Trochleostatica* вышеупомянутой работы, стр. 72, он говорит:

"Заметьте, что эта аксиома статики справедлива и здесь:

"Как пространство действующего тела соотносится с пространством тела, на которое воздействуют, так и сила тела, на которое воздействуют, соотносится с силой действующего тела".[49]

Галилей, как мы знаем, признал истинность этого принципа при рассмотрении простых машин, а также вывел из него законы равновесия жидкостей.

Торричелли возвращает этот принцип к свойствам центра тяжести. Условием, контролирующим равновесие в простой машине, в которой мощность и нагрузка представлены гирями, является то, что общий центр тяжести гирь не должен опускаться. И наоборот, если центр тяжести не может опуститься, достигается равновесие, потому что тяжелые тела сами по себе не движутся вверх. В этой форме принцип виртуальных скоростей идентичен принципу Гюйгенса о невозможности вечного двигателя.

Джон Бернулли в 1717 году впервые осознал универсальное значение принципа виртуальных движений для всех систем; об этом открытии говорилось в письме Вариньону. Наконец, Лагранж дает общую демонстрацию этого принципа и основывает на нем всю

свою*Аналитическую механику*. Но эта общая демонстрация, в конце концов, основана на замечаниях Гюйгенса и Торричелли. Лагранж, как известно, представляет себе простые блоки, расположенные в направлениях сил системы, пропускает шнур через эти блоки и прикрепляет к его свободному концу груз, который является общей мерой всех сил системы. Теперь без труда можно выбрать количество элементов каждого шкива таким образом, чтобы они заменяли соответствующие усилия. Тогда ясно, что если вес на конце не может опуститься, сохраняется равновесие, потому что тяжелые тела сами по себе не могут двигаться вверх. Если мы не будем заходить так далеко, а захотим придерживаться идеи Торричелли, мы можем представить себе, что каждая отдельная сила в системе заменяется специальным грузом, подвешенным к шнуру, проходящему через блок в направлении силы, и прикрепленным в точке ее приложения. Равновесие сохраняется тогда, когда общий центр тяжести всех гирь вместе взятых не может опуститься. Фундаментальным предположением этой демонстрации является очевидная невозможность вечного двигателя.

Лагранж всячески старался представить доказательство, свободное от посторонних элементов и полностью удовлетворительное, но без полного успеха. Его преемникам также не повезло больше.

Таким образом, вся механика основана на идее, которая, хотя и недвусмысленна, все же необычна и не соответствует другим принципам и аксиомам механики. Каждый изучающий механику на какой-то стадии своего развития ощущает неудобство такого положения дел; каждый желает избавиться от него; но трудность редко выражается словами. Соответственно, ревностный ученик науки испытывает огромную радость, когда он читает у такого мастера, как Пуансо (*Теория равновесия и развития систем*) следующий отрывок, в котором этот автор излагает свое мнение об *аналитической механике*:

В то же время, поскольку наше внимание в этой работе сначала было полностью поглощено рассмотрением ее прекрасного развития механики, которое, казалось, полностью вытекало из единственной формулы, мы, естественно, полагали, что наука завершена или что осталось только попытаться продемонстрировать принцип виртуальных скоростей. Но этот поиск вернул нам все трудности, которые мы преодолели с помощью самого принципа. Этот столь общий закон, в котором смешаны смутные и незнакомые идеи бесконечно малых движений и возмущений равновесия, при рассмотрении становился только неясным; и поскольку работа Лагранжа не давала ничего более ясного, чем ход анализа, мы ясно увидели, что облака в курсе механики только казались рассеянными, потому что они, так сказать, были собраны у самых истоков этой науки.

"В сущности, общая демонстрация принципа виртуальных скоростей была бы эквивалентна установлению всей механики на иной основе: ибо демонстрация закона, охватывающего целую науку, есть не что иное, как сведение этой науки к другому закону, столь же общему, но очевидному или, по крайней мере, более простому, чем первый, и который, следовательно, сделал бы его бесполезным".[50]

Таким образом, согласно Пуансо, доказательство принципа виртуальных движений равносильно полной реабилитации механики.

Другое обстоятельство, вызывающее дискомфорт у математика, заключается в том, что в той исторической форме, в которой механика существует в настоящее время, динамика основана

на статике, тогда как желательно, чтобы в науке, претендующей на дедуктивную полноту, более специальные статические теоремы были выводимы из более общих динамических принципов.

Фактически, великий мастер Гаусс выразил это желание в своем изложении принципа наименьшего ограничения (Crelle's *Journal für reine und angewandte Mathematik*, Vol. IV, стр. 233) в следующих словах: "Как ни уместно, что в постепенном развитии науки и в обучении индивидов легкое должно предшествовать сложному, простое - сложному, особенное - общему, все же разум, когда однажды он достигает более высокой точки зрения, требует обратного пути, в котором вся статика должна предстать просто как частный случай механики". Собственный принцип Гаусса теперь обладает всеми необходимыми признаками универсальности, но его трудность заключается в том, что он не понятен непосредственно и что Гаусс вывел его с помощью принципа Д'Аламбера, процедуры, которая оставила вопросы там, где они были раньше.

Откуда же берется эта странная роль, которую принцип виртуального движения играет в механике? Пока я отвечу только на этот вопрос. Мне было бы трудно определить разницу в впечатлении, которое произвело на меня доказательство принципа Лагранжем, когда я впервые взялся за него в качестве студента и когда впоследствии возобновил его после проведения исторических исследований. Сначала это показалось мне безвкусным, главным образом из-за шкивов и шнуров, которые не вписывались в математический взгляд, и действие которых я бы предпочел обнаружить из самого принципа, чем принимать как должное. Но теперь, когда я изучил историю науки, я не могу представить себе более прекрасной демонстрации.

Фактически, во всей механике почти все решает тот же самый принцип исключения вечного двигателя, который вызвал недовольство Лагранжа, но который ему все же пришлось использовать, по крайней мере молчаливо, в своей собственной демонстрации. Если мы дадим этому принципу надлежащее место и установку, парадокс будет объяснен.

Таким образом, принцип исключенного вечного двигателя не является новым открытием; на протяжении трехсот лет он был руководящей идеей всех великих исследователей. Но этот принцип не может быть должным образом*основан* на механическом восприятии. Задолго до развития механики существовало убеждение в его истинности и даже способствовало этому развитию. Следовательно, его сила убеждения должна иметь более универсальные и глубокие корни. Мы вернемся к этому вопросу.

II. МЕХАНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА.

Нельзя отрицать, что со времен Демокрита и по сей день преобладала очевидная тенденция к *механическому* объяснению *всех*физических событий. Не говоря уже о более ранних неясных выражениях этой тенденции, мы читаем у Гюйгенса следующее:[51]

"Не может быть никаких сомнений в том, что свет состоит из *движения* определенной субстанции. Ибо, если мы исследуем его происхождение, мы обнаружим, что здесь, на земле, его порождают главным образом огонь и пламя, оба из которых, несомненно, содержат тела, находящиеся в быстром движении, поскольку они растворяют и разрушают многие другие тела, более твердые, чем они: в то время как если мы рассмотрим его эффекты, мы увидим, что когда свет накапливается, скажем, вогнутыми зеркалами, он

обладает таким же свойством горения, как и огонь, то есть он разъединяет части тел, что, несомненно, является доказательством *движения*, по крайней мере, в *истинной философии*, в которой причины всех естественных воздействий понимаются как *механические* причины. Который, по моему мнению, должен быть завершен, иначе всякая надежда когда-либо понять физику будет отброшена".[52]

С. Карно,[53] вводя принцип исключенного вечного двигателя в теорию теплоты, приносит следующие извинения:

Здесь, возможно, возразят, что вечный двигатель, доказавший свою невозможность для*чисто механических действий*, возможно, не является таковым, когда используется влияние *тепла* или электричества. Но можно ли считать, что явления тепла или электричества обусловлены чем-либо иным, кроме *определенных движений тел*, и как таковые они не должны подчиняться общим законам механики?"[54]

Эти примеры, которые можно бесконечно множить цитатами из современной литературы, показывают, что тенденция объяснять все механически действительно существует. Эта тенденция также понятна. Механические явления как простые движения в пространстве и времени лучше всего поддаются наблюдению и отслеживанию с помощью наших высокоорганизованных органов чувств. Мы почти без усилий воспроизводим механические процессы в своем воображении. Давление как обстоятельство, вызывающее движение, очень знакомо нам по повседневному опыту. Все изменения, которые индивид лично производит в своем окружении или человечество осуществляет посредством мировых искусств, осуществляются с помощью*движений*. Следовательно, движение представляется нам почти необходимым как наиболее важный физический фактор. Более того, механические свойства можно обнаружить во всех физических явлениях. Звучащий колокол дрожит, нагретое тело расширяется, наэлектризованное тело притягивает другие тела. Почему, следовательно, мы не должны пытаться охватить все события в их механическом аспекте, поскольку это так легко постигается и наиболее доступно наблюдению и измерению? Фактически, не*следует* возражать против попытки объяснить свойства физических событий с помощью механических *аналогий*.

Но современная физика *очень далеко* продвинулась в этом направлении. Точку зрения, которую Вундт представляет в своем превосходном трактате *О физических аксиомах,* вероятно, разделяет большинство физиков. Аксиомы физики, которые устанавливает Вундт, следующие:

1. Все естественные причины являются двигательными.

2. Каждая движущая причина лежит вне перемещаемого объекта.

3. Все движущие причины действуют в направлении прямой линии соединения и так далее.

4. Действие любой причины сохраняется.

5. Каждое воздействие влечет за собой равное противодействие.

6. Каждое следствие эквивалентно своей причине.

Эти принципы могли бы быть изучены достаточно должным образом как фундаментальные принципы механики. Но когда они устанавливаются как аксиомы физики, их формулирование просто равносильно отрицанию всех событий, кроме движения.

Согласно Вундту, все изменения в природе - это просто смена места. Все причины являются движущими причинами (стр. 26). Любое обсуждение философских оснований, на которых Вундт поддерживает свою теорию, завело бы нас глубоко в рассуждения элеатов и гербартианцев. Смена места, считает Вундт, - это*единственное* изменение вещи, при котором вещь остается идентичной самой себе. Если что-то *качественно*изменилось, мы были бы вынуждены представить, что что-то было уничтожено и на его месте создано что-то другое, что не согласуется с нашим представлением об идентичности наблюдаемого объекта и о неразрушимости материи. Но нам стоит только вспомнить, что элеаты сталкивались с трудностями точно такого же рода в движении. Разве мы не можем также представить, что в *одном* месте вещь разрушается, а в *другом* создается точно такая же вещь? В конце концов, действительно ли мы знаем *больше*, почему тело покидает одно место и появляется в другом, чем почему *холодное* тело становится *теплее*? Допустим, что мы обладаем совершенным знанием механических процессов природы, можем ли мы и должны ли мы по этой причине *убрать из мира* все другие процессы, которые мы не понимаем? Исходя из этого принципа, действительно, было бы проще всего отрицать существование всего мира. Это точка, к которой в конечном счете пришли элеаты, и школа Гербарта остановилась, не достигнув той же цели.

Физика, рассматриваемая в этом смысле, дает нам просто схему мира, в которой мы снова не познаем реальность. Действительно, с людьми, которые на протяжении многих лет придерживаются этого взгляда, случается, что чувственный мир, с которого они начинают как с области наибольшего знакомства, внезапно становится в их глазах высшей "мировой загадкой".

Следовательно, как ни понятно, что усилия мыслителей всегда были направлены на "сведение всех физических процессов к движению атомов", все же следует признать, что это химерический идеал. Этот идеал часто играл действенную роль в популярных лекциях, но на семинаре серьезного исследователя он едва ли выполнял хоть малейшую функцию. Что действительно было достигнуто в механической физике, так это либо*разъяснение* физических процессов с помощью более знакомых *механических аналогий* (например, теорий света и электричества), либо точное *количественное* установление связи механических процессов с другими физическими процессами, например, результатами термодинамики.

III. ПРИНЦИП ЭНЕРГИИ В ФИЗИКЕ.

Мы можем знать только из *опыта* что механические процессы вызывают другие физические преобразования, или *наоборот*. Впервые внимание было обращено на связь механических процессов, особенно выполнения работы, с изменением тепловых условий в результате изобретения паровой машины и ее большого технического значения. Технические интересы и потребность в научной ясности, встретившиеся в сознании С. Карно, привели к замечательному развитию, из которого вытекла термодинамика. Просто*историческая случайность* заключается в том, что рассматриваемое развитие не было связано с практическим применением *электричества*.

При определении максимального объема *работы* которую, как правило, тепловая машина или, в частном случае, паровой двигатель, может выполнять при расходовании *данного* количества теплоты сгорания, Карно руководствуется механическими аналогиями. Тело может выполнять работу при нагревании, расширяясь под давлением. Но для этого тело должно получать тепло от *более горячего* тела. Следовательно, тепло, чтобы совершить работу, должно переходить от более горячего тела к более холодному, точно так же, как вода должна падать с более высокого уровня на более низкий, чтобы привести в движение мельничное колесо. Разница температур, соответственно, представляет силы, способные выполнять работу точно так же, как разница в высоте у тяжелых тел. Карно представляет себе идеальный процесс, при котором ни одно тепло не уходит неиспользованным, то есть без выполнения работы. Соответственно, при данном расходовании тепла этот процесс обеспечивает максимум работы. Аналогом этого процесса было бы мельничное колесо, которое, зачерпывая воду с более высокого уровня, медленно переносило бы ее на более низкий уровень без потери ни капли. Специфическим свойством этого процесса является то, что при затрате той же самой работы вода может быть снова поднята точно до своего первоначального уровня. Этим свойством *обратимости* обладает и процесс Карно. Его процесс также можно обратить вспять, затратив такое же количество работы, и тепло снова вернется к своему первоначальному температурному уровню.

Предположим теперь, что у нас есть *два* различных обратимых процесса *A*, *B*, таких, что в *A* некоторое количество тепла, *Q*, отходящее от температуры t_1 к более низкой температуре t_2, должно выполнять работу *W*, но в *B* при тех же обстоятельствах оно должно выполнять большее количество работы $W + W'$; тогда мы могли бы объединить *B* в присвоенный смысл и *A* в обратном смысле в *единый* процесс. Здесь *A* обратило бы преобразование тепла, производимого *B*, и оставил бы избыток работы W', произведенный, так сказать, из ничего. Такая комбинация представляла бы собой вечный двигатель.

Теперь, чувствуя, что не имеет большого значения, нарушаются ли механические законы прямо или косвенно (тепловыми процессами), и убежденный в существовании *универсальной* закономерной связи природы, Карно здесь впервые исключает из области *общей* физики возможность вечного двигателя. *Но из этого следует, что количество работы W, производимое при переходе количества тепла Q от температуры t_1 к температуре t_2, не зависит от природы веществ, а также от характера процесса, поскольку это не сопровождается потерями, но полностью зависит от температуры t_1, t_2.*

Этот важный принцип был полностью подтвержден специальными исследованиями самого Карно (1824), Клапейрона (1834) и сэра Уильяма Томсона (1849), ныне лорда Кельвина. Этот принцип был достигнут *без каких бы то ни было предположений* относительно природы тепла, просто путем исключения вечного двигателя. Карно, правда, был приверженцем теории Блэка, согласно которой общее количество тепла в мире постоянно, но, поскольку до сих пор рассматривались его исследования, решение по этому вопросу не имеет значения. Принцип Карно привел к самым замечательным результатам. У. Томсон (1848) основал на нем гениальную идею "абсолютной" шкалы температур. Джеймс Томсон (1849) задумал процесс Карно, при котором вода замерзает под давлением и, следовательно, выполняет работу. Таким образом, он обнаружил, что точка замерзания понижается на 0 ·0075 ° по Цельсию с каждой дополнительной атмосферой давления. Это упоминается просто как пример.

Примерно через двадцать лет после публикации книги Карно Дж. Р. Майер и Дж. П. Джоуль сделали еще один шаг вперед. Майер, будучи врачом на службе у голландцев, наблюдал во время процесса кровотечения на Яве необычное покраснение венозной крови. В согласии с теорией Либиха о животной теплоте он связал этот факт с уменьшением потерь тепла в более теплом климате и с уменьшением расхода органических горючих веществ. Общий расход тепла человеком в состоянии покоя должен быть равен общей теплоте сгорания. Но поскольку *все* органические действия, даже механические, должны быть отнесены на счет теплоты сгорания, должна существовать некоторая связь между механической работой и расходованием тепла.

Джоуль исходил из довольно схожих убеждений относительно гальванической батареи. В гальваническом элементе может появиться теплоотдача, эквивалентная потреблению цинка. Если подать ток, то часть этого тепла появляется в проводнике тока. Установка устройства для разложения воды приводит к исчезновению части этого тепла, которое воспроизводится при сгорании образующегося взрывчатого газа. Если ток приводит в действие электромотор, часть тепла снова исчезает, которое при потреблении работы трением снова проявляется. Соответственно, и производимое тепло, и производимая работа представлялись Джоулю также связанными с потреблением материала. Таким образом, и у Майера, и у Джоуля присутствовала мысль рассматривать тепло и работу как эквивалентные величины, настолько связанные друг с другом, что то, что теряется в одной форме, повсеместно появляется в другой. Результатом этого стала *существенная* концепция тепла и работы и, *в конечном счете, существенная концепция энергии*. Здесь каждое физическое изменение состояния рассматривается как энергия, разрушение которой порождает работу или эквивалентное ей тепло. Например, электрический заряд - это энергия.

В 1842 году Майер вычислил на основе общепринятых в то время физических констант, что при исчезновении одного килограмма калории можно было бы выполнить 365 килограмм-метров работы, и *наоборот*. Джоуль, с другой стороны, с помощью длинной серии тонких и разнообразных экспериментов, начавшихся в 1843 году, в конечном итоге определил механический эквивалент килограммовой калории, точнее, равный 425 килограмм-метрам.

Если мы оцениваем каждое изменение физического состояния с помощью *механической работы*, которая может быть выполнена при *исчезновении* этого состояния, и называем эту меру *энергией*, тогда мы можем измерить все физические изменения состояния, какими бы разными они ни были, одной и той же общей мерой и сказать: *общая сумма всей энергии остается постоянной*. Именно такую форму принцип исключенного вечного двигателя получил в руках Майера, Джоуля, Гельмгольца и У. Томсона в его распространении на всю область физики.

После того, как было доказано, что тепло должно *исчезать*, если механическая работа должна выполняться за его счет, принцип Карно уже нельзя было рассматривать как полное выражение фактов. Его улучшенная форма была впервые придана в 1850 году Клаузиусом, за которым Томсон последовал в 1851 году. Он звучит так: "Если количество тепла Q' преобразуется в работу в обратимом процессе, то *другое* количество тепла Q абсолютной[55] температура T_1 понижается до абсолютной температуры T_2". Здесь Q' зависит только от Q, T_1, T_2, но не зависит от об используемых веществах и характере процесса, насколько это не сопровождается потерями. В силу этого последнего факта достаточно найти соотношение, которое получается для некоторой одной хорошо известной физической субстанции, скажем, газа, и некоторого

определенного простого процесса. Найденное соотношение будет тем, которое выполняется в общем случае. Получаем, таким образом,

$Q'/(Q' + Q) = (T_1-T_2)/T_1$ (1)

то есть частное от доступного теплаQ', преобразованного в работу, деленное на сумму преобразованного и переданного тепла (общая используемая сумма), так называемый *экономический коэффициент* процесса, составляет,

$(T_1-T_2)/T_1$.

IV. КОНЦЕПЦИИ ТЕПЛА.

Когда холодное тело соприкасается с теплым телом, наблюдается, что первое тело нагревается, а второе охлаждается. Мы можем сказать, что первое тело нагревается *за счет* второго тела. Это наводит на мысль о понятии вещи, или тепловой субстанции, которая переходит от одного тела к другому. Если две массы воды m, m', с неодинаковыми температурами соединить, то при быстром выравнивании температур будет обнаружено, что соответствующие изменения температур u и u' обратно пропорциональны массам и имеют противоположные знаки, так что алгебраическая сумма произведений равна,

$mu + m'u' = 0$.

Блэк назвал продукты mu, $m'u'$, которые имеют решающее значение для наших знаний о процессе, *количеством тепла*. Мы можем составить очень четкое *представление* об этих продуктах, представив их черным цветом как меры количества какого-либо вещества. Но существенна не эта картина, а *постоянство* суммы этих произведений в простых процессах проводимости. Если некоторое количество тепла исчезает в одной точке, такое же большое количество появится в какой-то другой точке. Сохранение этой идеи приводит к открытию удельной теплоемкости. Блэк, наконец, понимает, что вместо исчезнувшего количества тепла может появиться и нечто другое, а именно: плавление или испарение определенного количества материи. Он и здесь придерживается этой излюбленной точки зрения, хотя и с некоторой вольностью, и рассматривает исчезнувшее количество тепла как все еще присутствующее, но как *скрытое*.

Общепринятое представление о калорийности, или тепловом веществе, было сильно поколеблено работой Майера и Джоуля. Люди говорили, что если количество тепла можно увеличивать и уменьшать, то тепло не может быть субстанцией, а должно быть*движением*. Подчиненная часть этого утверждения стала гораздо более популярной, чем все остальные части учения об энергии. Но мы можем убедить себя, что двигательная концепция тепла сейчас так же несущественна, как раньше была ее концепция как субстанции. Обеим идеям благоприятствовали или препятствовали исключительно случайные исторические обстоятельства. Из того факта, что существует механический эквивалент количества тепла, не следует, что тепло не является субстанцией. Мы проясним это следующим вопросом, который иногда задают мне талантливые студенты. Существует ли механический эквивалент электричества, как существует механический эквивалент тепла? И да, и нет. Не существует

механического эквивалента *количества* электричества, как не существует эквивалента *количества* тепла, потому что одно и то же количество электричества обладает совершенно разной работоспособностью в зависимости от обстоятельств, в которых оно находится; но *существует* механический эквивалент электрической энергии.

Давайте зададим другой вопрос. Существует ли механический эквивалент воды? Нет, механического эквивалента количества воды не существует, но есть механический эквивалент веса воды, умноженный на расстояние ее спуска.

Когда лейденская банка разряжается и тем самым выполняется работа, мы не представляем себе, что количество электричества исчезает по мере выполнения работы, но мы просто предполагаем, что электричество занимает разные положения, при этом равные количества положительного и отрицательного электричества соединяются друг с другом.

В чем же теперь причина такой разницы во взглядах на наше отношение к теплу и электричеству? Причина чисто историческая, совершенно условная и, что еще важнее, совершенно безразличная. Возможно, мне будет позволено подтвердить это утверждение.

В 1785 году Кулон сконструировал свои крутильные весы, с помощью которых он смог измерить отталкивание наэлектризованных тел. Предположим, у нас есть два маленьких шарика,*A*, *B*, которые по всей своей протяженности одинаково наэлектризованы. Эти два шара будут оказывать друг на друга на определенном расстоянии *r* от своих центров определенное отталкивание *p*. Мы приводим в соприкосновение с *B* теперь шар *C*, доводим оба до одинакового наэлектризовывания, а затем измеряем отталкивание *B* от *A* и *C* от *A* на одинаковом расстоянии *r*. Сумма этих отталкиваний снова равна *p*. Соответственно, что-то осталось постоянным. Если мы приписываем этот эффект веществу, то естественным образом делаем вывод о его постоянстве. Но существенным моментом изложения является делимость электрической силы*p*, а не сравнение с субстанцией.

В 1838 году Рисс сконструировал свой электрический воздушный термометр (термоэлектрометр). Это дает представление о количестве тепла, выделяемого при выгрузке банок. Это количество тепла не пропорционально количеству электричества, содержащемуся в банке по кулоновской мере, но если *Q* - это количество, а *C* - емкость, то оно пропорционально $Q^2/2C$, или, еще проще, энергии заряженной банки. Если теперь мы полностью выпустим банку через термометр, мы получим определенное количество тепла, *Bm*. Но если мы выпустим через термометр во вторую банку, мы получим количество меньше, чем*Bm*. Но мы можем получить остаток, полностью разрядив оба сосуда через воздушный термометр, когда он снова будет пропорционален энергии двух сосудов. Соответственно, при первом, неполном разряде была потеряна часть работоспособности электричества.

Когда заряд банки вырабатывает тепло, ее энергия изменяется, и ее значение на термометре Рисса уменьшается. Но по кулоновской мерке количество остается неизменным.

Теперь давайте представим, что термометр Рисса был изобретен раньше крутильных весов Кулона, что несложно, поскольку оба изобретения независимы друг от друга; что было бы более естественным, чем то, что "количество" электричества, содержащегося в банке, должно измеряться теплом, выделяемым термометром? Но тогда это так называемое количество электричества уменьшалось бы при производстве тепла или выполнении работы, тогда как сейчас оно остается неизменным; следовательно, в этом случае электричество было бы не

субстанцией а *движением*, тогда как сейчас оно все еще является субстанцией. Следовательно, причина, по которой у нас иные представления об электричестве, чем о теплоте, является чисто исторической, случайной и общепринятой.

Это также относится к другим физическим вещам. Вода не исчезает по завершении работы. Почему? Потому что мы измеряем количество воды с помощью весов, точно так же, как мы измеряем количество электричества. Но предположим, что способность воды к работе была бы названа количеством и поэтому должна была бы измеряться мельницей, а не весами; тогда это количество также исчезло бы по мере выполнения работы. Теперь легко понять, что многие вещества не так легко достать, как воду. В этом случае мы были бы не в состоянии выполнять один вид измерений с помощью весов, в то время как многие другие способы измерения все еще были бы нам оставлены.

В случае с теплом исторически установленной мерой "количества" случайно является рабочая стоимость тепла. Соответственно, его количество исчезает, когда работа выполнена. Но то, что теплота не является субстанцией, следует из этого так же мало, как и противоположный вывод о том, что это субстанция. В случае Блэка количество тепла остается постоянным, потому что тепло не переходит ни в какую *другую* форму энергии.

Если кто-то сегодня все еще желает думать о тепле как о субстанции, мы могли бы без особых церемоний предоставить этому человеку такую вольность. Ему пришлось бы только предположить, что то, что мы называем количеством тепла, было энергией вещества, количество которого осталось неизменным, но энергия которого изменилась. На самом деле, мы могли бы гораздо лучше сказать, по аналогии с другими терминами физики, "энергия тепла", а не "количество тепла".

Поэтому, когда мы удивляемся открытию того, что тепло есть движение, мы удивляемся тому, что никогда не было открыто. Совершенно безразлично и не имеет ни малейшей научной ценности, думаем ли мы о тепле как о веществе или нет. Дело в том, что тепло в одних отношениях ведет себя как вещество, в других - нет. Тепло скрыто в паре, как кислород скрыт в воде.

V. СООТВЕТСТВИЕ В ПОВЕДЕНИИ ЭНЕРГИЙ.

Предшествующие размышления станут более ясными благодаря рассмотрению соответствия, которое наблюдается в поведении всех энергий, - пункта, на который я давно обращал внимание.[56]

Вес P при высоте H_1 представляет энергию $Bm_1 = PH_1$. Если мы позволяем весу опускаться на меньшую высоту H_2, в течение которой выполняется работа, и проделанная работа используется для производства жизненной силы, тепла или электрического заряда, короче говоря, преобразуется, то энергия$W_2 = PH_2$ все еще *остается*. Это уравнение существует

$W_1/H_1 = W_2/H_2$, (2) или, обозначая *преобразованную* энергию через $W' = W_1-W_2$ и *переданную* энергию, которая переносится на более низкий уровень, через $W = W_2$,

$W'/(W' + W) = (H_1-H_2)/H_1$, (3)

уравнение, во всех отношениях аналогичное уравнению (1) на стр. 165. Следовательно, рассматриваемое свойство ни в коем случае не присуще теплоте. Уравнение (2) дает соотношение между энергией, взятой с более высокого уровня, и энергией, отложенной на более низком уровне (энергией, оставшейся позади); оно говорит, что эти*энергии* пропорциональны *высотам уровней*. Уравнение, аналогичное уравнению (2), может быть составлено для *каждой* формы энергии; следовательно, уравнение, соответствующее уравнению (3), а следовательно, и уравнению (1), может рассматриваться как справедливое для любой формы. Для электричества, например, H_1, H_2 обозначают потенциалы.

Когда мы впервые наблюдаем соответствие, указанное здесь в законе преобразования энергий, оно кажется удивительным и неожиданным, поскольку мы не сразу понимаем его причину. Но для того, кто придерживается сравнительно-исторического метода, эта причина недолго будет оставаться тайной.

Со времен Галилея механическая работа, хотя и долгое время под другим названием, была *фундаментальным понятием* механики, а также очень важным понятием в прикладных науках. Превращение труда в живую силу и живой силы в труд непосредственно предполагает понятие энергии — идея, впервые плодотворно использованная Гюйгенсом, хотя Томас Янг впервые назвал ее *именем* "энергии". Давайте добавим к этому постоянство веса (на самом деле постоянство массы), и мы увидим, что в отношении механической энергии в самом определении термина подразумевается, что работоспособность или потенциальная энергия груза пропорциональна высоте уровня, на котором он находится, в геометрическом смысле, и что она уменьшается при опускании груза, при трансформации, пропорционально высоте уровня. Нулевой уровень здесь совершенно произвольный. При этом задается уравнение (2), из которого следуют все остальные формы.

Когда мы размышляем об огромном превосходстве механики над другими разделами физики, неудивительно, что всегда предпринимались попытки применить понятия этой науки везде, где это было возможно. Таким образом, понятие массы, например, было воспроизведено Кулоном в понятии количества электричества. При дальнейшем развитии теории электричества понятие работы также было немедленно введено в теорию потенциала, и высоты электрического уровня измерялись работой единицы величины, поднятой до этого уровня. Но при этом предыдущее уравнение со всеми вытекающими отсюда последствиями дано для электрической энергии. Случай с другими энергиями был аналогичным.

Тепловая энергия, однако, представляется частным случаем. Только с помощью упомянутых специфических экспериментов можно было обнаружить, что тепло является энергией. Но мера этой энергии количеством тепла, выделяемого Блэком, является результатом случайных обстоятельств. Во-первых, случайное небольшое изменение теплоемкости c в зависимости от температуры и случайное небольшое отклонение обычных термометрических шкал от шкалы, полученной на основе *напряжений газов*, приводит к тому, что понятие "количество тепла" может быть установлено и что количество теплаct, соответствующее разнице температур t, почти пропорционально энергии тепла. То, что Амонтонам пришла в голову идея измерять температуру по напряжению газа, является совершенно случайным историческим обстоятельством. Несомненно, что он не думал о работе тепла.[57] Но числа, обозначающие температуру, таким образом, сделаны пропорциональными напряжениям газов, то есть работе,

совершаемой газами, при прочих равных изменениях объема. Таким образом, *высота температуры* и *высота рабочего уровня* пропорциональны друг другу.

Если бы были выбраны свойства теплового состояния, сильно отличающиеся от напряжений газов, это соотношение приняло бы очень сложные формы, и соответствие между теплом и другими рассмотренными выше энергиями не существовало бы.Очень поучительно поразмыслить над этим моментом. *Естественный закон*, следовательно, не подразумевается в соответствии поведения энергий, но это соответствие скорее обусловлено единообразием наших способов представления, а также частично является вопросом удачи.

VI. РАЗЛИЧИЯ ЭНЕРГИЙ И ПРЕДЕЛЫ ПРИНЦИПА ЭНЕРГИИ.

Из каждого количества тепла Q, которое работает в обратимом процессе (не сопровождающемся потерями) между абсолютными температурами T_1, T_2, только часть

$(T_1-T_2)/T_1$

преобразуется в работу, а остаток переводится на более низкий температурный уровень -T_2. Эта переданная часть может быть при реверсировании процесса с теми же затратами труда снова возвращена к уровню T_1. Но если процесс необратим, то на более низкий уровень поступает больше тепла, чем в предыдущем случае, и излишек больше не может быть возвращен на более высокий уровеньT_2 без некоторых *специальных* затрат. У. Томсон (1852), соответственно, обратил внимание на тот факт, что во всех необратимых, то есть во всех реальных тепловых процессах, количество тепла теряется на механическую работу, и что, соответственно, происходит рассеивание или растрата механической энергии. Во всех случаях тепло лишь частично преобразуется в работу, но часто работа полностью преобразуется в тепло. Следовательно, существует тенденция к уменьшению *механической* энергии и к увеличению *тепловой* энергии мира.

Для простого замкнутого циклического процесса, не сопровождающегося потерями, при котором количество тепла Q_{1} отбирается с уровня T_{1}, а количество Q_{2} откладывается на уровнеT_{2}, существует следующее соотношение, соответствующее уравнению (2),

$-(Q_1/T_1) + (Q_2/T_2) = 0.$

Аналогично, для любого числа составных обратимых циклов Клаузиус находит алгебраическую сумму

$\Sigma Q/T = 0,$

и предположим, что температура будет постоянно меняться,

$\int dQ/T = 0$ (4)

Здесь элементы количества тепла, вычитаемые из данного уровня, считаются отрицательными, а элементы, привносимые в него, положительными. Если процесс необратим, то выражение (4), которое Клаузиус называет *энтропией*, увеличивается. На практике это всегда так, и Клаузиус приходит к выводу:

1. Что энергия мира остается постоянной.

2. Что энтропия мира стремится к максимуму.

После того, как мы отметили указанное выше соответствие в поведении различных энергий, нам должна броситься в глаза упомянутая здесь*особенность* тепловой энергии. Откуда берется эта особенность, поскольку, как правило, каждая энергия лишь частично переходит в другую форму, что справедливо и для тепловой энергии? Объяснение будет найдено в следующем.

Каждое преобразование особого вида энергии *A* сопровождается падением потенциала этого конкретного вида энергии, включая тепло. Но в то время как для других видов энергии преобразование и, следовательно, потеря энергии со стороны вида, снижающего потенциал, связано с падением потенциала, с теплом дело обстоит иначе. Потенциал тепла может падать без потери энергии, по крайней мере, согласно обычному способу оценки. Если груз опускается, он волей-неволей должен создавать кинетическую энергию, или тепло, или какую-либо другую форму энергии. Кроме того, электрический заряд не может испытывать падения потенциала без потери энергии, то есть без преобразования. Но тепло может переходить с понижением температуры к телу большей вместимости и при этом сохраняться та же тепловая энергия, пока мы рассматриваем *каждое количество* тепла как энергию. Именно это придает теплу, помимо его энергетического свойства, во многих случаях характер материальной *субстанции*или количества.

Если мы посмотрим на этот вопрос непредвзято, мы должны спросить, есть ли какой-либо научный смысл или цель в том, чтобы по-прежнему рассматривать в качестве энергии количество тепла, которое больше не может быть преобразовано в механическую работу (например, тепло замкнутой равномерно прогретой материальной системы). Принцип энергии, конечно, играет в этом случае совершенно лишнюю роль, которая отводится ему только по привычке.[58] Поддерживать принцип энергии перед лицом знания о рассеивании или пустой трате механической энергии, перед лицом увеличения энтропии - это почти равносильно той вольности, на которую пошел Блэк, когда рассматривал теплоту сжижения как все еще присутствующую, но скрытую.[59] Далее следует отметить, что выражения "мировая энергия" и "энтропия мира" слегка пронизаны схоластикой. Энергия и энтропия являются *метрическими* понятиями. Какой смысл может быть в применении этих понятий к случаю, в котором они неприменимы, в котором их значения не поддаются определению?

Если бы мы действительно могли определить энтропию мира, это представляло бы собой истинную, абсолютную меру времени. Таким образом, лучше всего видна полная тавтология утверждения о том, что энтропия мира увеличивается со временем. Время и тот факт, что определенные изменения происходят только в определенном смысле, - это одно и то же.

VII. ИСТОЧНИКИ ПРИНЦИПА ЭНЕРГИИ.

Теперь мы готовы ответить на вопрос, каковы источники принципа энергии? Все знания о природе в конечном итоге черпаются из опыта. В этом смысле правы те, кто рассматривает принцип энергии как результат опыта.

Опыт учит, что чувственные элементы αβγδ... на которые может быть разложен мир, подвержены изменениям. Это говорит нам далее, что некоторые из этих элементов *связаны* с другими элементами, так что они появляются и исчезают вместе; или, что появление элементов одного

класса связано с исчезновением элементов другого класса. Мы будем избегать здесь понятий причины и следствия из-за их неясности и двусмысленности. Результат опыта может быть выражен следующим образом: *Чувственные элементы мира (αβγδ...) проявляют себя взаимозависимыми.* Эта взаимозависимость лучше всего представлена примерно такой концепцией, какая существует в геометрии, - концепцией взаимной зависимости сторон и углов треугольника, только гораздо более разнообразной и сложной.

В качестве примера мы можем взять массу газа, заключенную в цилиндр и обладающую определенным объемом (α), который мы изменяем давлением (β) на поршень, одновременно ощупывая цилиндр рукой и получая ощущение тепла (γ). Увеличение давления уменьшает объем и усиливает ощущение тепла.

Различные факты опыта не во всех отношениях одинаковы. Их общие чувственные элементы рельефно выделяются в процессе абстрагирования и, таким образом, запечатлеваются в памяти. Таким образом, получается выражение признаков*совпадения* обширных групп фактов. Самое простое предложение, которое мы можем произнести, по самой природе языка является абстракцией такого рода. Но необходимо также учитывать *различия* в связанных фактах. Факты могут быть связаны настолько близко, что содержат один и тот же вид αβγ ..., но отношение должно быть таким, что αβγ ... одного отличаются от αβγ ... другого только количеством равных частей, на которые они могут быть разделены. В таком случае, если могут быть даны правила для вывода *друг из друга* numbers which are the measures of these αβγ..., then we possess in such rules the *most general*.. выражением группы фактов, а также тем выражением, которое соответствует всем ее различиям. Это и есть цель количественного исследования.

Если эта цель будет достигнута, то мы обнаружим, что между αβγ ... группы фактов, или, лучше, между числами, которые являются их мерами, существует ряд уравнений. Простой факт изменения приводит к тому, что число этих уравнений должно быть меньше числа αβγ.... Если первое на единицу меньше последнего, то одна часть αβγ... *однозначно* определяется другой частью.

Поиск отношений этого последнего рода является наиболее важной функцией специального экспериментального исследования, потому что оно позволяет нам мысленно дополнить факты, которые даны лишь частично. Самоочевидно, что только опыт может установить это между αβγ... отношения существуют и какого они вида. Далее, только опыт может сказать, что отношения, которые существуют между αβγ... таковы, что их изменения могут быть обращены вспять. Если бы это не было фактом, то, как легко видеть, не было бы никаких поводов для провозглашения принципа энергии. Таким образом, в опыте скрыт главный источник всех знаний о природе и, следовательно, в этом смысле также и главный источник принципа энергии.

Но это не исключает того факта, что принцип энергии имеет также логическую основу, как сейчас будет показано. Предположим на основе опыта, что одна группа чувственных элементов αβγ... *однозначно* определяет другую группу λμν.... Опыт также учит, что изменения αβγ... могут быть *обращены* вспять. Тогда логическим следствием этого наблюдения является то, что каждый раз, когда αβγ ... принимает одни и те же значения, это также имеет место и с λμν.... Или, что чисто *периодические* изменения αβγ... не может вызвать *постоянных* изменений λμν.... Если группа λμν... является механической группой, тогда вечный двигатель исключается.

Будет сказано, что это порочный круг, который мы разрешим. Но психологически ситуация существенно иная, независимо от того, думаю ли я просто об уникальной детерминации и обратимости событий или исключаю вечный двигатель. Внимание в этих двух случаях направлено в разных направлениях и проливает свет на разные стороны вопроса, которые логически, конечно, обязательно связаны.

Несомненно, что твердое, логичное построение мыслей, заметное у великих исследователей, Стевина, Галилея и остальных, которое, сознательно или инстинктивно, поддерживалось тонким чувством малейших противоречий, не имеет иной цели, кроме как ограничить границы мышления и таким образом освободить его от возможности ошибки. В этом, следовательно, заключается логический корень принципа исключенного вечного двигателя, а именно в том всеобщем убеждении, которое существовало еще до развития механики и содействовало этому развитию.

Совершенно естественно, что принцип исключенного вечного двигателя должен был быть впервые разработан в простой области чистой механики. Переносу этого принципа в область общей физики во многом способствовала идея о том, что все физические явления являются механическими явлениями. Но предыдущее обсуждение показывает, насколько малосущественным является это понятие. На самом деле речь идет о признании общей взаимосвязи природы. Однажды установив это, мы видим на примере Карно, что безразлично, нарушаются ли механические законы напрямую или обходным путем.

Принцип исключенного вечного двигателя очень тесно связан с современным принципом энергии, но он не идентичен ему, поскольку последний может быть выведен из первого только посредством определенной*формальной концепции*. Как видно из предыдущего изложения, вечный двигатель может быть исключен без того, чтобы мы использовали или обладали понятием*работы*. Современный принцип энергии вытекает в первую очередь из *существенной* концепции работы и каждого изменения физического состояния, которое, будучи обращенным вспять, производит работу. Острая необходимость в такой концепции, которая ни в коем случае не является необходимой, но в формальном смысле очень удобна и ясна, проявляется в случае Дж. Р. Майера и Джоуля. Ранее было отмечено, что эта концепция была подсказана обоим исследователям наблюдением о том, что как производство тепла, так и механическая работа связаны с расходованием вещества. Майер говорит: "Ex nihilo nil fit", а в другом месте: "Создание или разрушение силы (работы) лежит вне сферы человеческой деятельности". У Джоуля мы находим такой отрывок: "Явно *абсурдно* предполагать, что силы, которыми Бог наделил материю, могут быть уничтожены".

Некоторые авторы усмотрели в таких утверждениях попытку *метафизического* обоснования доктрины энергии. Но мы видим в них просто формальную потребность в простом, ясном и живом понимании фактов, которая получает свое развитие в практической и технической жизни и которую мы переносим, насколько это возможно, в область науки. Фактически, Майер пишет Гризингеру: "Если, наконец, вы спросите меня, как я оказался вовлечен во все это дело, мой ответ прост: занимаясь во время морского путешествия почти исключительно изучением физиологии, я открыл новую теорию по той достаточной причине, что я *живо почувствовал в ней потребность*".

Субстанциональная концепция работы (энергии) ни в коем случае не является необходимой. И далеко не верно, что проблема решается признанием необходимости такой концепции. Вместо этого давайте посмотрим, как Майер постепенно пытался удовлетворить эту потребность. Сначала он рассматривает количество движения, или импульс, mv, как эквивалент работы, и лишь позже заострил внимание на понятии живой силы ($mv^2/2$). В области электричества он не смог определить выражение, эквивалентное работе. Позже это было сделано Гельмгольцем. Следовательно,*сначала* возникает формальная потребность, и впоследствии наша концепция природы постепенно *адаптируется* к ней.

Раскрытие экспериментальных, логических и формальных корней нынешнего принципа энергии, возможно, внесет большой вклад в устранение мистицизма, который все еще цепляется за этот принцип. Что касается нашей формальной потребности в очень простой, осязаемой, содержательной концепции процессов в нашей среде, остается открытым вопрос, насколько природа соответствует этой потребности или насколько мы можем ее удовлетворить. На одном из этапов предыдущих обсуждений могло показаться, что существенное понятие принципа энергии, подобно материальной концепции тепла Блэка, имеет свои естественные пределы в фактах, за пределами которых его можно придерживаться только искусственно.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ФИЗИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.[60]

Когда человеческий разум с его ограниченными возможностями пытается отразить в себе богатую жизнь мира, частью которой он сам является лишь малой и которую он никогда не сможет исчерпать, у него естьвсе основания действовать экономно. Отсюда выраженная в философии всех времен тенденция охватывать несколькими органическими мыслями фундаментальные черты реальности. "Жизнь не понимает смерти, а смерть - жизни". Так говорил старый китайский философ. И все же в своем непрекращающемся желании раздвинуть границы непостижимого человек всегда был занят попытками понять смерть через жизнь и жизнь через смерть.

У древних цивилизованных народов природа была наполнена демонами и духами, обладающими чувствами и желаниями людей. Во всех существенных чертах этот анимистический взгляд на природу, как метко назвал его Тайлор[61], является общим для фетишистов современной Африки и наиболее развитых народов древности. Как теория мира она никогда полностью не исчезала. Монотеизм христиан никогда полностью не преодолевал ее, так же как и монотеизм евреев. В вере в колдовство и в суеверия шестнадцатого и семнадцатого веков, веков расцвета естествознания, это приобрело ужасающие патологические размеры. В то время как Стевинус, Кеплер и Галилей медленно создавали основу современной физической науки, велась жестокая и безжалостная война с поджигателями и яростью против дьяволов, которые сердито смотрели из-за каждого угла. Даже сегодня, помимо всех пережитков того периода, помимо следов фетишизма, которые все еще присутствуют в наших физических концепциях,[62] те же самые идеи все еще скрыто присутствуют в практиках современного спиритуализма.

Рядом с этой анимистической концепцией мира мы время от времени встречаем, в различных формах, от Демокрита до наших дней, другую точку зрения, которая также претендует на исключительную компетентность для понимания вселенной. Этот взгляд можно охарактеризовать как *физико-механический* взгляд на мир. Сегодня эта точка зрения, бесспорно, занимает первое место в мыслях людей и определяет идеалы и характер нашего времени. Приход человеческого разума к полному осознанию своих возможностей в восемнадцатом веке был периодом подлинного разочарования. Это создало великолепный прецедент жизни, действительно достойной человека, способного преодолеть старое варварство в практических областях жизни; это создало *Критику чистого разума*, которая отогнала в царство теней фиктивные идеи старой метафизики; это вложило в руки механической философии бразды правления, которые она держит сейчас.

Часто цитируемые слова великого Лапласа,[63] которые я сейчас приведу, звучат как ликующий тост за научные достижения восемнадцатого века: "Разум, которому на одно мгновение были даны все силы природы и взаимное расположение всех ее масс, если бы он был достаточно силен, чтобы подвергнуть эти проблемы анализу, мог бы постичь с помощью единственной формулы". , движения как самых больших масс, так и мельчайших атомов; для него не было бы ничего неопределенного; будущее и прошлое лежали бы раскрытыми перед его глазами ". При написании этих слов Лаплас, как мы знаем, имел в виду также атомы мозга. Эта идея была выражена еще более убедительно некоторыми из его последователей, и не будет преувеличением сказать, что идеал Лапласа по существу совпадает с идеалом подавляющего большинства современных ученых.

Мы с радостью признаем создателя *"Мексиканской селесты"* за чувство возвышенного удовольствия, пробужденное в нем великим успехом Просвещения, которому мы тоже обязаны нашей интеллектуальной свободой. Но сегодня, когда умы спокойны и перед *новыми* задачами, это становится физической наукой, чтобы обезопасить себя от самообмана путем тщательного изучения своего характера, чтобы она могла с большей уверенностью преследовать свои истинные цели. Следовательно, если я выйду в этом обсуждении за узкие границы моей специальности и вторгнусь в дружественные соседние области, я могу сослаться в свое оправдание на то, что предмет познания является общим для всех областей исследования и что нельзя провести четких демаркационных линий.

Вера в оккультные магические силы природы постепенно угасла, но на ее месте возникла новая вера - вера в магическую силу науки. Наука бросает свои сокровища не как капризная фея в руки немногих избранных, а в руки всего человечества с такой расточительностью, которая не снилась ни одной легенде! Поэтому не без очевидной справедливости ее далекие поклонники приписывают ей способность открывать непостижимые бездны природы, в которые не могут проникнуть чувства. И все же та, кто пришла принести свет в мир, вполне может обойтись без мрака таинственности и напыщенной показухи, в которых она не нуждается ни для оправдания своих целей, ни для украшения своих незамысловатых достижений.

Простые зачатки науки лучше всего раскроют нам ее простой, неизменный характер. Человек приобретает свои первые знания о природе полусознательно и автоматически, из инстинктивной привычки мысленно подражать фактам и прогнозировать их, дополнять вялый опыт быстрыми крыльями мысли, сначала только ради своего материального благополучия. Когда он слышит шум в подлеске, он создает там, точно так же, как это делает животное, врага,

которого он боится; когда он видит определенную кожуру, он формирует мысленно образ плода, который он ищет; точно так же, как мы мысленно ассоциируем определенный вид материи с определенной линией в спектре или электрическую искру с трением куска стекла. Знание причинности в такой форме, безусловно, намного ниже уровня любимой собаки Шопенгауэра, которой это приписывалось. Вероятно, она существует во всем животном мире и подтверждает утверждение великого мыслителя о воле, создавшей интеллект для своих целей. Эти примитивные психические функции укоренены в экономике нашего организма не менее прочно, чем движение и пищеварение. Кто станет отрицать, что мы чувствуем в них также элементарную силу давно практикуемой логической и физиологической деятельности, доставшейся нам в наследство от наших предков?

Такие примитивные акты познания составляют сегодня самый прочный фундамент научной мысли. Наше инстинктивное знание, как мы его кратко назовем, в силу убежденности в том, что мы сознательно и намеренно ничего не внесли в его формирование, ставит нас перед авторитетом и логической мощью, которыми никогда не могут обладать сознательно приобретенные знания, даже из знакомых источников, и способность к легко проверяемым ошибкам. Все так называемые аксиомы являются таким инстинктивным знанием. Не только сознательно приобретенное знание, но и мощный интеллектуальный инстинкт в сочетании с обширными концептуальными способностями составляют великого исследователя. Величайшие достижения науки всегда заключались в некоторой успешной формулировке в ясных, абстрактных и доступных для передачи терминах того, что было инстинктивно известно задолго до этого, и в том, чтобы таким образом сделать это постоянным достоянием человечества. Благодаря принципу Ньютона о равенстве давления и противодавления, истинность которого чувствовали все до него, но который ни один предшественник не сформулировал абстрактно, механика одним махом была выведена на более высокий уровень. Наше утверждение также может быть исторически обосновано примерами из научных трудов Стевинуса, С. Карно, Фарадея, Дж. Р. Майера и других.

Однако все это - лишь почва, с которой начинается наука. Первые реальные зачатки науки появляются в обществе, особенно в области ручного труда, где возникает необходимость в передаче опыта. Здесь, когда необходимо описать какое-то новое открытие ирассказать о нем, сначала ощущается необходимость четко определить в сознании важные и сущностные черты этого открытия, как могут засвидетельствовать многие авторы. Цель обучения - просто накопление опыта; труд одного человека призван заменить труд другого.

Самая замечательная экономия общения заключается в языке. Слова сравнимы со шрифтом, который избавляет от повторения письменных знаков и, таким образом, служит множеству целей; или с несколькими звуками, из которых состоят наши бесчисленные различные слова. Язык со своим помощником, концептуальным мышлением, фиксируя существенное и отвергая несущественное, конструирует свои жесткие картины изменчивого мира по плану мозаики, принося в жертву точность, но экономя инструменты и труд. Подобно пианисту с заранее подготовленными звуками, оратор возбуждает в своем слушателе мысли, заранее подготовленные, но подходящие ко многим случаям, которые откликаются на призыв говорящего с готовностью и без особых усилий.

Принципы, которые известный политический экономист Э. Германн,[64] сформулировал для экономики промышленных искусств, также применимы к идеям повседневной жизни и науки.

Экономия языка усиливается, конечно, и в терминологии науки. Что касается экономии письменного общения, то едва ли можно сомневаться в том, что сама наука осуществит эту великую старую мечту философов об Универсальном реальном Характере. Это время не за горами. Наши цифровые символы, символы математического анализа, химические символы и музыкальные ноты, которые легко можно было бы дополнить системой цветовых знаков, вместе с некоторыми фонетическими алфавитами, используемыми в настоящее время, - все это начало в этом направлении. Логическое расширение того, что у нас есть, в сочетании с использованием идей, которые дает нам китайская идеография, сделает специальное изобретение и распространение Универсального Символа совершенно излишним.

Передача научных знаний всегда предполагает описание, то есть миметическое воспроизведение фактов в мыслях, целью которого является замена и избавление от хлопот, связанных с новым опытом. Опять же, чтобы сэкономить труд по обучению и усвоению материала, требуется краткое описание. Это действительно все, что представляют собой законы природы. Зная величину ускорения свободного падения и законы падения Галилея, мы располагаем простыми и краткими указаниями для воспроизведения в уме всех возможных движений падающих тел. Формула такого рода является полной заменой полной таблицы движений спуска, потому что с помощью формулы данные такой таблицы могут быть легко построены в любой момент без малейшей нагрузки на память.

Ни один человеческий разум не смог бы охватить все отдельные случаи рефракции. Но, зная показатель преломления для двух представленных сред и знакомый закон синусов, мы можем легко воспроизвести или дополнить в уме каждый мыслимый случай преломления. Преимущество здесь состоит в увеличении объема памяти; этой цели в значительной степени способствует сохранение естественных констант в письменной форме. Ни один естественный закон такого рода не содержит большего, чем этот всеобъемлющий и сжатый отчет о фактах. На самом деле закон всегда содержит меньше, чем сам факт, потому что он воспроизводит факт не в целом, а только в том его аспекте, который важен для нас, остальное либо намеренно, либо по необходимости опускается. Законы природы можно сравнить с интеллектуальным типом более высокого порядка, частично подвижным, частично стереотипным, который сохраняется на новых этапах опыта и может стать откровенным препятствием.

Когда мы впервые рассматриваем область фактов, она кажется нам разнообразной, нерегулярной, запутанной, полной противоречий. Сначала нам удается ухватить только отдельные факты, не связанные с остальными. Область, как мы привыкли говорить, не *ясна*. Мало-помалу мы обнаруживаем простые, постоянные элементы мозаики, из которых мы можем мысленно построить целую провинцию. Когда мы достигаем точки, где мы можем повсюду обнаруживать одни и те же факты, мы больше не чувствуем себя потерянными в этой области; мы постигаем ее без усилий; она*объясняется* для нас.

Позвольте мне проиллюстрировать это на примере. Как только мы осознаем факт прямолинейного распространения света, обычный ход наших мыслей натыкается на явления преломления и дифракции. Как только мы разобрались с нашим показателем преломления, мы обнаруживаем, что для каждого цвета необходим особый показатель. Вскоре после того, как мы привыкли к тому факту, что свет, добавленный к свету, увеличивает его интенсивность, мы внезапно сталкиваемся со случаем полной темноты, вызванной этой причиной. В конечном счете, однако, мы повсюду видим в подавляющем многообразии оптических явлений факт

пространственной и временной периодичности света, скорость распространения которого зависит от среды и периода. Эту тенденцию получения обзора данной провинции с наименьшими затратами мысли и представления всех ее фактов с помощью какого-либо одного мыслительного процесса можно справедливо назвать экономичной.

Величайшее совершенство ментальной экономии достигается в той науке, которая достигла наивысшего формального развития и которая широко применяется в физических исследованиях, а именно в математике. Как бы странно это ни звучало, сила математики зиждется на ее уклонении от всех ненужных мыслей и на ее удивительной экономии умственных операций. Даже те условные знаки, которые мы называем числами, представляют собой систему поразительной простоты и экономичности. Когда мы пользуемся таблицей умножения для умножения чисел в нескольких местах и, таким образом, используем результаты старых операций счета вместо того, чтобы выполнять каждую операцию целиком заново; когда мы сверяемся с нашей таблицей логарифмов, заменяя и сохраняя, таким образом, новые вычисления старыми, уже выполненными; когда мы используем определители вместо того, чтобы всегда начинать заново решение системы уравнений; когда мы преобразуем новые интегральные выражения в знакомые старые интегралы; мы видим в этом просто слабое отражение интеллектуальной деятельности Лагранжа или Коши, которые, обладая тонкой проницательностью, о великом военачальнике, заменившем для новых операций целые сонмы старых. Никто не станет спорить со мной, когда я скажу, что как самая элементарная, так и высшая математика - это экономически упорядоченный опыт счета, облеченный в готовые к использованию формы.

В алгебре мы выполняем, насколько это возможно, все числовые операции, которые идентичны по форме раз и навсегда, так что для отдельного случая остается только остаток работы. Использование знаков алгебры и анализа, которые являются просто символами операций, подлежащих выполнению, обусловлено наблюдением, что таким образом мы можем существенно разгрузить ум и сохранить его силы для более важных и более сложных обязанностей, возложив все механические операции на руку. Одним из результатов этого метода, свидетельствующим о его экономичном характере, является создание счетных машин. Математик Бэббидж, изобретатель разностной машины, был, вероятно, первым, кто ясно осознал этот факт, и он коснулся его, хотя и весьма бегло, в своей работе "*Экономика производств и машин*".

Изучающему математику часто бывает трудно избавиться от неприятного ощущения, что его наука в лице его карандаша превосходит его по интеллекту, — впечатления, от которого, по признанию великого Эйлера, он часто не мог избавиться. Это чувство находит своего рода оправдание, когда мы размышляем о том, что большинство идей, с которыми мы имеем дело, были придуманы другими, часто столетия назад. В науке нам в значительной степени противостоит интеллект других людей. В тот момент, когда мы смотрим на вещи в этом свете, сверхъестественный и магический характер наших впечатлений исчезает, особенно когда мы вспоминаем, что можем по желанию обдумать еще раз любую из этих чуждых мыслей.

Физика - это опыт, упорядоченный в экономичном порядке. Благодаря этому заказу становится возможным не только широкое и всестороннее представление о том, что мы сделали возможным, но и выявляются дефекты и необходимые изменения, точно так же, как в хорошо ухоженном домашнем хозяйстве. Физика разделяет с математикой преимущества сжатого описания и краткого, обобщающего определения, что исключает путаницу даже в идеях, которые без видимой нагрузки на мозг содержат множество других. Богатое содержание этих идей может быть создано в любой момент и представлено в полном свете восприятия. Подумайте о множестве упорядоченных понятий, содержащихся в идее потенциала. Разве это замечательно, что с идеями, содержащими так много готовой работы, должно быть легко работать?

Таким образом, наше первое знание является продуктом экономики самосохранения. Посредством общения опыт *многих* людей, приобретенный поначалу индивидуально, собирается в *одном*. Передача знаний и ощущаемая каждым необходимость управлять своим запасом опыта с наименьшими затратами мысли вынуждают нас облекать наши знания в экономичные формы. Но здесь у нас есть ключ, который снимает с науки всю ее таинственность и показывает нам, в чем на самом деле заключается ее сила. Что касается конкретных результатов, то это не дает нам ничего такого, чего мы не могли бы достичь за достаточно долгое время без методов. Во всей математике нет такой задачи, которую нельзя было бы решить прямым подсчетом. Но с помощью современных математических средств многие операции подсчета могут быть выполнены за несколько минут, которые без математических методов заняли бы всю жизнь. Точно так же, как отдельное человеческое существо, полностью ограниченное плодами своего собственного труда, никогда не смогло бы сколотить состояние, но, напротив, накопление труда многих людей в руках одного является основой богатства и власти, точно так же никакое знание, достойное этого названия, не может быть собрано в одном человеческом уме, ограниченном продолжительностью человеческой жизни и одаренном только ограниченными способностями, за исключением самой изысканной экономии мышления и тщательного накопления экономически упорядоченного опыта тысяч коллег. То, что поражает нас здесь как плоды колдовства, является просто наградой за отличное ведение домашнего хозяйства, как и аналогичные результаты в гражданской жизни. Но научный бизнес имеет то преимущество перед любым другим предприятием, что от *его* накопления богатства никто не терпит ни малейших потерь. В этом тоже его благословение, его освобождающая и спасающая сила.

Признание экономического характера науки теперь, возможно, поможет нам лучше понять некоторые физические понятия.

Те элементы события, которые мы называем "причиной и следствием", являются его определенными характерными чертами, которые важны для его мысленного воспроизведения. Их важность ослабевает, и внимание переключается на новых персонажей в тот момент, когда событие или опыт, о котором идет речь, становятся знакомыми. Если связь таких признаков кажется нам необходимой, то это просто потому, что что интерполяция определенных промежуточных звеньев, с которыми мы хорошо знакомы и которые, следовательно, обладают для нас более высоким авторитетом, часто сопровождается успехом в наших объяснениях. Тот*готовый* опыт, зафиксированный в мозаике ума, с которым мы встречаем новые события, Кант называет врожденной концепцией понимания (*Verstandesbegriff*).

Величайшие принципы физики, разложенные на свои элементы, ничем не отличаются от описательных принципов естествоиспытателя. Вопрос "Почему?" который всегда уместен там, где речь идет об объяснении противоречия, подобно всем правильным привычкам мышления, может выйти за рамки самого себя и быть задан там, где ничего не остается для понимания. Предположим, мы приписали бы природе свойство производить сходные эффекты в сходных обстоятельствах; как раз эти сходные обстоятельства мы не знали бы, как найти. Природа существует только один раз. Одно только наше схематическое ментальное подражание производит сходные события. Следовательно, только в сознании существует взаимная зависимость определенных черт.

Все наши попытки отразить мир в мыслях были бы тщетны, если бы мы не находили ничего постоянного в разнообразных изменениях вещей. Именно это побуждает нас сформировать понятие субстанции, источник которого не отличается от современных представлений о сохранении энергии. История физики дает многочисленные примеры этого импульса почти во всех областях, и прекрасные примеры этого можно проследить еще с детских лет. "Куда девается свет, когда его гасят?" - спрашивает ребенок. Внезапное сжатие баллона с водородом необъяснимо для ребенка; он повсюду ищет большое тело, которое только что было там, но теперь исчезло.

Откуда берется тепло? Куда уходит тепло? Такие детские вопросы в устах зрелых мужчин формируют характер столетия.

Мысленно отделяя тело от изменчивой среды, в которой оно движется, мы на самом деле выделяем группу ощущений, на которых сосредоточены наши мысли и которые относительно более устойчивы, чем другие, из потока всех наших ощущений. Абсолютно неизменной эта группа не является. То этот, то тот член ее появляется и исчезает, или изменяется. В своей полной идентичности она никогда не повторяется. Однако сумма его постоянных элементов по сравнению с суммой изменяемых, особенно если мы примем во внимание непрерывный характер перехода, всегда настолько велика, что для рассматриваемой цели первого обычно оказывается достаточно для определения идентичности тела. Но поскольку мы можем отделить от группы каждого отдельного члена без того, чтобы тело перестало быть для нас одним и тем же, нас легко заставить поверить, что после абстрагирования всех членов останется что-то дополнительное. Таким образом, получается, что мы формируем понятие о субстанции, отличной от ее атрибутов, о вещи в себе, в то время как наши ощущения рассматриваются просто как символы или указания на свойства этой вещи в себе. Но было бы гораздо лучше сказать, что тела или вещи являются совокупными ментальными символами для групп ощущений — символами, которые не существуют вне мышления. Таким образом, продавец рассматривает этикетки на своих коробках просто как указатели их содержимого, а не наоборот. Он придает реальную ценность их содержимому, а не этикеткам. Та же экономия, которая побуждает нас анализировать группу и устанавливать особые знаки для ее составных частей, частей, которые также входят в состав других групп, может точно так же побудить нас выделить каким-либо одним символом целую группу.

На древнеегипетских памятниках мы видим изображенные предметы, которые не воспроизводят единого зрительного впечатления, а состоят из различных впечатлений. Головы и ноги фигур видны в профиль, головной убор и грудь видны спереди и так далее. Здесь мы имеем, так сказать, скупой взгляд на объекты, при создании которых скульптор сохранил то, что

считал существенным, и пренебрег тем, что считал безразличным. У нас есть живые примеры процессов, запечатленных в камне на стенах этих старых храмов, на рисунках наших детей, и мы также наблюдаем их верный аналог в формировании идей в нашем собственном сознании. Только в силу некоторой такой точки зрения, как указанная, нам позволено говорить о теле. Когда мы говорим о кубе со скошенными углами — фигуре, которая не является кубом, — мы делаем это из естественного инстинкта экономии, который предпочитает вносить коррективы в старую знакомую концепцию вместо того, чтобы формировать совершенно новую. Таков процесс любого суждения.

Грубое понятие "тело" выдерживает проверку анализом не больше, чем искусство египтян или наших маленьких детей. Физик, который видит, как тело сгибается, растягивается, плавится и испаряется, разрезает это тело на более мелкие постоянные части; химик расщепляет его на элементы. Однако даже элемент не является неизменным. Возьмем натрий. При нагревании белая серебристая масса превращается в жидкость, которая при увеличении температуры и закрытии доступа воздуха превращается в фиолетовый пар, а при еще большем увеличении температуры светится желтым светом. Если название "натрий" все еще сохраняется, то это из-за непрерывного характера переходов и из необходимого инстинкта экономии. При конденсации паров может появиться белый металл. Действительно, даже после того, как металл брошен в воду и превратился в гидроксид натрия, при умелой обработке все еще могут проявиться исчезнувшие свойства; точно так же движущееся тело, которое прошло за колонной и на мгновение пропало из виду, может появиться через некоторое время. Несомненно, очень удобно всегда иметь наготове название и продуманную схему для группы свойств, где бы эта группа ни могла появиться. Но это название и мысль не являются чем-то большим, чем кратким экономическим символом для этих явлений. Это было бы просто пустым звуком для того, в ком оно не пробудило бы большую группу хорошо упорядоченных чувственных впечатлений. И то же самое верно в отношении молекул и атомов, на которые химический элемент подвергается дальнейшему анализу.

Правда, сохранение веса, или, точнее, сохранение массы, принято рассматривать как прямое доказательство постоянства материи. Но это доказательство растворяется, когда мы доходим до его сути, в таком множестве инструментальных и интеллектуальных операций, что в некотором смысле обнаруживается, что оно представляет собой просто уравнение, которому должны удовлетворять наши идеи при имитации фактов. Тот неясный, таинственный комок, который мы невольно складываем в мыслях, мы тщетно ищем за пределами ума.

Таким образом, именно грубое понятие субстанции всегда незаметно проникает в науку, постоянно доказывая свою недостаточность и постоянно сталкиваясь с необходимостью сведения к все меньшим и меньшим мировым частицам. Здесь, как и везде, низшая ступень не становится необходимой из-за высшей, которая построена на ней, точно так же, как простейший способ передвижения, ходьба, не становится излишней из-за самых сложных средств передвижения. Тело, как совокупность ощущений света и прикосновения, связанных воедино ощущениями пространства, должно быть так же знакомо физику, который его ищет, как животному, которое выслеживает свою добычу. Но изучающему теорию познания, подобно геологу и астроному, должно быть позволено вернуться от форм, которые создаются у него на глазах, к другим, которые он находит готовыми для себя.

Все физические идеи и принципы представляют собой сжатые указания, часто включающие второстепенные указания, для применения экономически классифицированного опыта, готовые к использованию. Их лаконичность, а также тот факт, что их содержание редко демонстрируется полностью, часто придает им видимость независимого существования. Поэтические мифы, связанные с такими идеями, — например, о Времени, производителе и пожирателе всего сущего, — нас здесь не касаются. Нам нужно только напомнить читателю, что даже Ньютон говорит о*абсолютном* времени, независимом от всех явлений, и об абсолютном пространстве — взглядах, от которых не отказался даже Кант и которых сегодня часто всерьез придерживаются. Для прирожденного исследователя определения времени - это просто сокращенные утверждения о зависимости одного события от другого, и ничего более. Когда мы говорим, что ускорение свободно падающего тела составляет 9· 810 метров в секунду, мы имеем в виду, что скорость тела относительно центра земли на 9 · 810 метров больше, когда земля совершает дополнительную 86400-ю часть своего оборота — факт, который сам по себе может быть определен только отношением земли к другим небесным телам. Опять же, в скорости содержится просто отношение положения тела к положению земли.[65] Вместо того, чтобы относить события к земле, мы можем относить их к часам или даже к нашему внутреннему ощущению времени. Теперь, поскольку все они связаны, и каждое из них можно сделать мерилом всего остального, легко возникает иллюзия, что время имеет значение независимо от всего остального.[66]

Целью исследования является открытие уравнений, которые существуют между элементами явлений. Уравнение эллипса выражает универсальную *мыслимую* связь между его координатами, из которых только реальные значения имеют *геометрическое* значение. Аналогично, уравнения между элементами *явлений* выражают универсальную, математически постижимую связь. Здесь, однако, для многих значений *физически* допустимы только определенные направления изменения. Как в эллипсе реализуются только определенные *значения* удовлетворяющие уравнению, так и в физическом мире происходят только определенные *изменения* значений. Тела всегда ускоряются по направлению к земле. Разница температур, предоставленная самой себе, всегда уменьшается; и так далее. Аналогичным образом, в отношении пространства математические и физиологические исследования показали, что пространство опыта - это просто *актуальный* случай из многих мыслимых случаев, об особых свойствах которых нам может рассказать только опыт. Разъяснение, которое дает эта идея, не подлежит сомнению, несмотря на абсурдное применение, которому она была подвергнута.

Попытаемся теперь подвести итоги нашего обзора. В экономическом схематизме науки заключаются как ее сила, так и слабость. Факты всегда представляются в жертву полноте и никогда не с большей точностью, чем соответствует потребностям момента. Следовательно, несоответствие между мыслью и опытом будет сохраняться до тех пор, пока они будут следовать своим курсом бок о бок; но оно будет постоянно уменьшаться.

В действительности речь всегда идет о завершении какого-то частичного опыта; выводе одной части явления из какой-то другой. В этом действии наши идеи должны основываться непосредственно на ощущениях. Мы называем это измерением.[67] Условием науки, как в ее происхождении, так и в ее применении, является *большая относительная стабильность*

нашей окружающей среды. Чему это учит нас, так это взаимозависимости. Следовательно, абсолютные прогнозы не имеют значения в науке. С большими изменениями в небесном пространстве мы должны потерять наши системы координат пространства и времени.

Когда геометр хочет понять форму кривой, он сначала разбивает ее на небольшие прямолинейные элементы. Однако, делая это, он полностью осознает, что эти элементы являются лишь временными и произвольными приемами для понимания по частям того, что он не может постичь в целом. Когда закон кривой найден, он больше не думает об элементах. Точно так же не подобало бы физической науке видеть в своих самосозданных, изменяемых, экономичных инструментах, молекулах и атомах реальность, стоящую за явлениями, забывая о недавно приобретенном разуме ее старшей сестры, философии, заменяя старую анимистическую или метафизическую схему механической мифологией и, таким образом, создавая бесконечное количество предполагаемых проблем. Атом должен оставаться инструментом для представления явлений, подобно функциям математики. Однако постепенно, по мере того как интеллект, соприкасаясь со своим предметом, становится дисциплинированным, физическая наука откажется от своей мозаичной игры с камнями и будет искать границы и формы русла, по которому течет живой поток явлений. Цель, которую он поставил перед собой, - это *самое простое* и *самое экономичное* абстрактное выражение фактов.

Теперь остается открытым вопрос, применим ли тот же метод исследования, который до сих пор мы молчаливо ограничивали физикой, также и в области психики. Физическому исследователю этот вопрос покажется излишним. Наши физические и психические представления точно так же проистекают из инстинктивного знания. Мы читаем мысли людей по их действиям и выражению лица, не зная, как это делается. Точно так же, как мы предсказываем поведение магнитной стрелки, помещенной рядом с током, представляя пловца Ампера в потоке, точно так же мы мысленно предсказываем поступки и поведение людей, предполагая, что ощущения, переживания и воля, подобные нашим, связаны с их телами. То, что мы здесь выполняем инстинктивно, показалось бы нам одним из тончайших достижений науки, намного превосходящим по значимости и изобретательности "Правило пловца" Ампера, если бы каждый ребенок не выполнял его бессознательно. Следовательно, вопрос просто в том, чтобы с научной точки зрения, то есть с помощью концептуального мышления, понять то, с чем мы уже знакомы из других источников. И здесь многое предстоит сделать. Предстоит раскрыть длинную последовательность фактов, касающихся физики выражения и движения, чувства и мысли.

Мы слышим вопрос: "Но как можно объяснить чувство движением атомов мозга?" Конечно, этого никогда не будет сделано, так же как свет или тепло никогда не будут выведены из закона преломления. Поэтому нам не нужно сожалеть об отсутствии остроумных решений этого вопроса. Проблема - это не проблема. Ребенок, заглядывающий через стены города или форта в ров внизу, с удивлением видит в нем живых людей и, не зная о портале,соединяющем стену со рвом, не может понять, как они могли спуститься с высоких валов. Так и с понятиями физики. Мы не можем подняться в область психологии по лестнице наших абстракций, но мы можем спуститься в нее.

Давайте посмотрим на этот вопрос непредвзято. Мир состоит из цветов, звуков, температур, давлений, пространств, времен и так далее, которые сейчас мы не будем называть ни ощущениями, ни явлениями, потому что в обоих терминах воплощена произвольная, односторонняя теория, а просто из *элементов*. Фиксация потока этих элементов, будь то опосредованно или непосредственно, является реальным объектом физического исследования. До тех пор, пока, пренебрегая нашим собственным телом, мы занимаемся взаимозависимостью тех групп элементов, которые, включая людей и животных, составляют*чужеродные* тела, мы остаемся физиками. Например, мы исследуем изменение красного цвета тела, вызванное изменением освещенности. Но в тот момент, когда мы рассматриваем особое влияние на красный элементов, составляющих наше тело, очерченное хорошо известной перспективой с невидимой головой, мы работаем в области физиологической психологии. Мы закрываем глаза, и красный цвет вместе со всем видимым миром исчезает. Таким образом, в перспективном поле каждого чувства существует участок, который оказывает на все остальные иное и более мощное влияние, чем остальные друг на друга. Этим, однако, все сказано. В свете этого замечания мы называем *все* элементы, поскольку считаем их зависящими от этой особой части (нашего тела), *ощущениями*. То, что мир - это наше ощущение, в этом смысле не подлежит сомнению. Но строить систему поведения на основе этой предварительной концепции и подчиняться ей для нас так же не нужно, как было бы подобными действиями математику, который, изменяя ряд переменных функции, которые ранее считались постоянными, или меняя местами независимые переменные, обнаруживает, что его метод является источником некоторых очень неожиданных для него идей.[68]

Если мы посмотрим на этот вопрос непредвзято, то окажется несомненным, что метод физиологической психологии - это не что иное, как метод физики; более того, эта наука является частью физики. Его предмет не отличается от предмета физики. Он, несомненно, определит связь ощущений с физикой нашего тела. Мы уже узнали от члена этой академии (Геринга), что, по всей вероятности, шестикратное многообразие химических процессов зрительной субстанции соответствует шестикратному многообразию цветовых ощущений, а троекратное многообразие физиологических процессов - троекратному многообразию пространственных ощущений. Прослеживаются и раскрываются пути рефлекторных действий и воли; устанавливается, какая область мозга выполняет функцию речи, какая область - функцию передвижения и т.д. То, что все еще цепляется за наше тело, а именно наши мысли, когда эти исследования будут завершены, не будет представлять принципиально новых трудностей. Когда опыт однажды ясно продемонстрирует эти факты, а наука расположит их в экономическом и наглядном порядке, нет никаких сомнений в том, что мы*поймем* их. Ибо иного "понимания", кроме ментального овладения фактами, никогда не существовало. Наука не создает факты из фактов, а просто *упорядочивает* известные факты.

Давайте теперь немного подробнее рассмотрим методы исследования физиологической психологии. У нас есть очень четкое представление о том, как тело движется в окружающем его пространстве. С нашим оптическим полем зрения мы очень хорошо знакомы. Но, как правило, мы не можем сказать, как к нам пришла идея, из какого угла нашего интеллектуального поля зрения она попала или из какой области послан импульс к движению. Более того, мы никогда не познакомимся с этим ментальным полем зрения только из самонаблюдения. Самонаблюдение в сочетании с физиологическимиисследованиями, которые ищут физические связи, может представить нам это поле зрения в ясном свете и, таким образом, впервые по-настоящему раскроет нам нашего внутреннего человека.

Прежде всего, естественные науки, или физика, в самом широком смысле этого слова, знакомят нас только с самыми прочными связями групп элементов. Предварительно, мы можем не уделять слишком много внимания отдельным составляющим этих групп, если мы хотим сохранить понятное целое. Вместо уравнений между примитивными переменными физика дает нам, как самый простой курс, уравнения между*функциями* этих переменных. Физиологическая психология учит нас, как отделять видимое, осязаемое и слышимое от тел — труд, который впоследствии щедро вознаграждается, как хорошо показывает разделение предметов физики. Физиология далее анализирует видимое на световые и пространственные ощущения; первое - на цвета, последнее также - на их составные части; она преобразует шумы в звуки, те - в тона и так далее. Несомненно, этот анализ может быть продвинут гораздо дальше, чем это было сделано ранее. В конце концов, станет возможным выявить общие элементы, лежащие в основе очень абстрактных, но определенных логических актов сходной формы, — элементы, которые проницательный юрист и математик, так сказать, *чувствует* с абсолютной уверенностью там, где непосвященный слышит только пустые слова. Одним словом, физиология откроет нам истинные, реальные элементы мира. Физиологическая психология имеет к физике в ее широком смысле отношение, подобное тому, какое химия имеет к физике в ее самом узком смысле. Но гораздо большей, чем взаимная поддержка физики и химии, будет та, которую естествознание и психология окажут друг другу. И результаты, которые произойдут в результате этого объединения, по всей вероятности, намного превзойдут результаты современной механической физики.

В начале работы невозможно предвидеть, каковы будут те идеи, с помощью которых мы будем постигать мир, когда перед нами полностью раскроется замкнутый круг физических и психологических фактов (тот круг, из которого мы сейчас видим только две разрозненные части). Будут найдены люди, которые увидят, что правильно, и у которых хватит мужества, вместо того чтобы блуждать по запутанным тропам логической и исторической случайности, вступить на прямые пути к высотам, с которых можно обозревать могучий поток фактов. Будет ли понятие, которое мы сейчас называем материей, продолжать иметь научное значение за пределами грубых целей обычной жизни, мы не знаем. Но мы, конечно, зададимся вопросом, как цвета и тона, которые были такими сокровенными частями нас, могли внезапно затеряться в нашем физическом мире атомов; как мы могли внезапно удивиться тому, что нечто, находящееся вне нас, просто щелкает и бьется в наших головах, должно создавать свет и музыку; и как мы могли спросить, может ли материя чувствовать, то есть может ли чувствовать ментальный символ для группы ощущений?

Мы не можем четко обозначить науку будущего, но мы можем предвидеть, что жесткие стены, которые сейчас отделяют человека от мира, постепенно исчезнут; что люди будут

противостоять не только друг другу, но и всему органическому и так называемому безжизненному миру с меньшим эгоизмом и с большей симпатией. Возможно, именно такое предчувствие владело великим китайским философом Лицием около двух тысяч лет назад, когда, указывая на груду разлагающихся человеческих костей, он сказал своим ученым в строгом, лапидарном стиле: "Они и только я знаем, что мы ни живы, ни мертвы".

О ТРАНСФОРМАЦИИ И АДАПТАЦИИ В НАУЧНОЙ МЫСЛИ.[69]

Ближе к концу шестнадцатого века Галилей, проявлявший исключительное равнодушие к искусству диалектики и софистическим тонкостям схоластов своего времени, обратил внимание своего блестящего ума на природу. От природы его идеи были преобразованы и освобождены от оков унаследованных предрассудков. Сразу же почувствовалась мощная революция, которая была произведена в сфере человеческой мысли — действительно, почувствованная в кругах, очень отдаленных и совершенно не связанных со сферой науки, почувствованная в слоях общества, которые до сих пор лишь косвенно признавали влияние научной мысли.

И какой великой и далеко идущей была эта революция! С начала семнадцатого века и до его конца мы видим, как зарождается, по крайней мере в зародыше, почти все, что играет роль в современной естественной и технической науке, почти все, что в последующие два столетия так чудесно изменило внешний вид земли, и все, что движется вперед в процессе такой мощной эволюции в наши дни. И все это - прямой результат идей Галилея, прямой результат того недавно пробудившегося чувства к исследованию природных явлений, которое научило тосканского философа формировать концепцию и закон падающих тел на основе*наблюдения* за падающим камнем! Галилей начал свои исследования без прибора, достойного этого названия; он измерял время самым примитивным способом - по вытеканию воды. Однако вскоре после этого в быстрой последовательности были изобретены телескоп, микроскоп, барометр, термометр, воздушный насос, паровая машина, маятник и электрическая машина. Фундаментальные теоремы науки о динамике, оптике, теплоте и электричестве были раскрыты в столетии, последовавшем за Галилеем.

Едва ли менее важным, по-видимому, было то движение, которое было подготовлено прославленными биологами только что прошедшего столетия и формально начато покойным мистером Дарвином. Галилей обострил восприятие более простых явлений*неорганической* природы. И с той же простотой и откровенностью, которые отличали усилия Галилея, и без помощи технических или научных инструментов, без физического или химического эксперимента, но исключительно силой мысли и наблюдения, Дарвин постигает новое свойство *органической* природы, которое мы можем кратко назвать ее *пластичностью*.[70] С той же прямотой цели Дарвин тоже следует своим путем. С той же искренностью и любовью к истине он указывает на силу и слабость своих демонстраций. С виртуозной невозмутимостью он держится в стороне от обсуждения несущественных тем и завоевывает восхищение как своих приверженцев, так и противников.

Едва ли прошло тридцать лет[71] с тех пор, как Дарвин впервые выдвинул принципы своей теории эволюции. И все же мы уже видим, что его идеи прочно укоренились в каждой отрасли человеческой мысли, какой бы отдаленной она ни была. Повсюду, в истории, философии, даже в физических науках, мы слышим лозунги: наследственность, адаптация, отбор. Мы говорим о борьбе за существование между небесными телами и о борьбе за существование в мире молекул.[72]

Импульс, данный Галилеем научной мысли, был заметен во всех направлениях; так, его ученик Борелли основал школу точной медицины, откуда вышли даже выдающиеся математики. И теперь дарвиновские идеи точно так же оживляют всеобласти исследований. Это правда, природа не состоит из двух отдельных частей, неорганической и органической; и к этим двум разделам нельзя относиться поневоле совершенно разными методами. Однако у природы много*сторон*. Природа подобна нити в запутанном клубке, за которой нужно следить и прослеживать, то с этой точки, то с той. Но мы никогда не должны воображать, — и этому физики научились у Фарадея и Дж. Р. Майера, — что продвижение по однажды избранным путям является*единственным* средством достижения истины.

Определение относительной устойчивости и плодотворности дарвиновских идей в различных областях будет возложено на специалистов будущего. Здесь я хочу просто рассмотреть рост естественных *знаний* в свете теории эволюции. Ибо знание тоже является продуктом органической природы. И хотя идеи как таковые не ведут себя во всех отношениях как независимые органические индивидуумы, и хотя следует избегать резких сравнений, все же, если Дарвин рассуждал правильно, общий отпечаток эволюции и трансформации должен быть заметен и в идеях.

Я воздержусь здесь от рассмотрения плодотворной темы передачи идей или, скорее, от передачи склонности к определенным идеям.[73] В мою компетенцию также не входит обсуждение психической эволюции в какой-либо форме, как это делали Спенсер[74] и многие другие современные психологи с переменным успехом. Я также не буду вдаваться в обсуждение борьбы за существование и естественного отбора среди научных теорий.[75] Здесь мы рассмотрим только такие процессы трансформации, которые каждый изучающий может легко наблюдать в своем собственном сознании.

Дитя леса с поразительной проницательностью выискивает звериные следы и преследует их. Он перехитряет своих врагов с непревзойденной хитростью. Он чувствует себя как дома в сфере своего особого опыта. Но столкните его с необычным явлением; поставьте его лицом к лицу с техническим продуктом современной цивилизации, и он впадет в бессилие и беспомощность. Вот факты, которые он не понимает. Если он пытается уловить их значение, он неверно истолковывает их. Ему кажется, что луну во время затмения терзает злой дух. По его мнению, пыхтящий локомотив - это живое чудовище. Письмо, сопровождающее порученное ему поручение, однажды раскрывшее его воровство, является в его воображении сознательным существом, которое он должен спрятать под камнем, прежде чем отважиться совершить новое преступление. Арифметика для него подобна искусству геомантов из "Тысячи и одной ночи" — искусству, способному выполнить все мыслимые невозможности. И, подобно*инженю*Вольтера, оказавшись в нашем социальном мире, он разыгрывает, как нам кажется, самые безумные шалости.

С человеком, который воспользовался достижениями современной науки и цивилизации самостоятельно, дело обстоит совершенно иначе. Он видит, как Луна временно переходит в тень Земли. Он чувствует в своих мыслях, как нагревается вода в котле локомотива; он чувствует также увеличение напряжения, которое толкает поршень вперед. Там, где он не в состоянии проследить прямую связь вещей, он прибегает к своей линейке и таблице логарифмов, которые помогают и облегчают его мысль, не доминируя над ней. Такие мнения, с которыми он не может согласиться, ему, по крайней мере, известны, и он знает, как с ними спорить.

Итак, в чем же заключается разница между этими двумя людьми? Ход мыслей, обычно используемый первым, не соответствует фактам, которые он видит. Он удивляется и приходит в замешательство на каждом шагу. Но мысли второго человека следуют за событиями и предвосхищают их, его мысли приспособились к более широкому полю наблюдения и деятельности, в котором он находится; он воспринимает вещи такими, какие они есть. Сфера опыта индийца, однако, совершенно иная; его телесные органы чувств находятся в постоянной активности; он всегда напряженно бдителен и высматривает своих врагов; или же все его внимание и энергия заняты добыванием пропитания. Итак, как может такое существо проецировать свой разум в будущее, предвидеть или пророчествовать? Это невозможно до тех пор, пока наши собратья в какой-то мере не освободят нас от беспокойства о существовании. Именно тогда мы обретаем свободу для наблюдения и нередко ту узость мышления, которой общество помогает и учит нас пренебрегать.

Если мы какое-то время движемся внутри фиксированного круга явлений, которые повторяются с неизменным единообразием, наши мысли постепенно приспосабливаются к нашему окружению; наши идеи бессознательно отражают наше окружение. Камень, который мы держим в руке, когда его роняют, падает на землю не только в реальности, но и в наших мыслях. Железные опилки устремляются к магниту как в воображении, так и на самом деле, и, будучи брошенными в огонь, они раскаляются и в представлении.

Импульс мысленно завершить явление, которое было лишь частично замечено, не имеет своего происхождения в самом явлении; этот факт мы полностью осознаем. И мы хорошо знаем, что это не входит в сферу нашей воли. Кажется, что это противостоит нам скорее как сила и закон, навязанные извне и контролирующие как мысли, так и факты.

Тот факт, что мы способны с помощью этого закона пророчествовать и прогнозировать, просто доказывает одинаковость окружающей среды, достаточную для осуществления ментальной адаптации такого рода. Необходимость исполнения, однако, не содержится в этом обязательном принципе, который управляет нашими мыслями; и это никоим образом не определяется возможностью предсказания. На самом деле мы всегда обязаны ждать завершения того, что было предсказано. Ошибки и отклонения постоянно заметны и незначительны только в областях с большим жестким постоянством, таких как астрономия.

В случаях, когда наши мысли легко отслеживают связь событий, и в случаях, когда мы положительно предчувствуем ход явления, естественно воображать, что последнее определяется нашими мыслями и должно соответствовать им. Но вера в эту таинственную силу, называемую*причинностью*, которая связывает мысль и событие в единое целое, сильно пошатывается, когда человек впервые вступает в область исследования, в которой у него ранее не было опыта. Возьмем, к примеру, странное взаимодействие электрических токов и магнитов или взаимное действие токов, которые, кажется, бросают вызов всем ресурсам механической науки. Пусть он столкнется с подобными явлениями, и он немедленно почувствует, что его сила предсказания покинула его; он не принесет с собой в это странное поле событий ничего, кроме надежды на то, что вскоре сможет приспособить свои идеи к новым условиям, которые там представлены.

Человек конструирует из кости оставшуюся анатомию животного; или по видимой части полускрытого крыла бабочки он делает вывод и реконструирует скрытую часть. Он делает это с чувством высочайшей уверенности в точности своих результатов; и в этих процессах мы не находим ничего сверхъестественного или трансцендентного. Но когда физики приспосабливают свои мысли к динамичному ходу событий во времени, мы неизменно окружаем их исследования метафизическим ореолом; однако эти последние приспособления носят совершенно тот же характер, что и первые, и наша единственная причина облачать их в метафизические одежды, возможно, заключается в их высокой практической ценности.[76]

Давайте на мгновение рассмотрим, что происходит, когда поле наблюдения, к которому были приспособлены и которому теперь соответствуют наши идеи, расширяется. Скажем, мы всегда видели, как опускаются тяжелые тела, когда у них отнимают опору; возможно, мы также видели, что погружение более тяжелых тел выталкивает более легкие тела вверх. Но теперь мы видим рычаг в действии, и нас внезапно поражает тот факт, что более легкое тело поднимает другое, гораздо большего веса. Наш привычный ход мыслей требует своих прав; новое и непривычное событие также требует своих прав. Из этого конфликта между мыслью и фактом

возникает*проблема*; из этого частичного противоречия возникает вопрос: "Почему?" С новой адаптацией к расширенному полю наблюдения проблема исчезает, или, другими словами, решается. В приведенном примере мы должны выработать привычку всегда учитывать выполняемую механическую работу.

Ребенок, только что осознавший мир, не знает проблем. Яркий цветок, звонкий колокольчик - все это ново для него; и все же он ничему не удивляется. У отъявленного обывателя, чьи единственные мысли сосредоточены на проторенных путях его повседневных занятий, также нет проблем. Все идет своим чередом, и если иногда что-то идет не так, это в лучшем случае просто объект любопытства и не стоит серьезного рассмотрения. Фактически, вопрос "Почему?" теряет всякую обоснованность в отношениях, где мы знакомы с каждым аспектом событий. Но у способного и талантливого молодого человека голова забита проблемами; он приобрел, в большейили меньшей степени, определенные привычки мышления, и в то же время он постоянно наблюдает за всем новым и непривычным, и в его случае нет конца вопросам "Почему?"

Таким образом, фактором, который в наибольшей степени способствует развитию научной мысли, является постепенное расширение поля опыта. Мы едва замечаем события, к которым привыкли; последние на самом деле не приобретают своего интеллектуального значения до тех пор, пока не будут противопоставлены чему-то, к чему мы непривычны. То, что дома остается незамеченным, радует нас за границей, хотя может проявляться лишь в несколько иных формах. Солнце светит все ярче, цветы распускаются все ярче, наши ближние обращают к нам более светлые и счастливые взгляды. И, возвращаясь домой, мы находим даже старые знакомые сцены более вдохновляющими и наводящими на размышления, чем раньше.

Каждый мотив, который побуждает нас изменять и трансформировать свои мысли, исходит из того, что является новым, необычным и непонятым. Новизна вызывает удивление у людей, чьи устоявшиеся привычки мышления поколеблены и дезорганизованы тем, что они видят. Но элемент удивления никогда не заключается в наблюдаемом явлении или событии; его место - в наблюдающем человеке. Люди более энергичного ментального типа сразу стремятся к *адаптации мышления,* которая будет соответствовать тому, что они наблюдали. Так наука в конечном итоге становится естественным врагом чудесного. Источники чудесного раскрыты, и удивление уступает место спокойной интерпретации.

Давайте рассмотрим такой ментальный трансформационный процесс подробнее. То обстоятельство, что тяжелые тела падают на землю, кажется совершенно естественным и закономерным. Но когда человек замечает, что дерево плавает по воде, а в воздух поднимаются пламя и дым, тогда проявляется противоположное первому явление. Старая теория пытается объяснить эти факты, приписывая субстанциям силу воли как то свойство, которое наиболее знакомо человеку. В нем утверждалось, что каждая субстанция ищет свое надлежащее место: тяжелые тела стремятся вниз, а легкие - вверх. Вскоре, однако, выяснилось, что даже дым имеет вес, что он тоже стремится занять свое место внизу и что он выталкивается вверх только из-за стремления воздуха вниз, подобно тому как древесина выталкивается на поверхность воды, потому что вода оказывает большее давление вниз.

Снова мы видим тело, подброшенное в воздух. Оно поднимается. Почему оно не ищет своего надлежащего места? Почему скорость его "насильственного" движения уменьшается по мере подъема, в то время как скорость его "естественного" падения увеличивается по мере спуска.

Если мы внимательно рассмотрим связь между этими двумя фактами, проблема разрешится сама собой. Мы увидим, как это сделал Галилей, что уменьшение скорости при подъеме и увеличение скорости при падении - это одно и то же явление, а именно увеличение скорости по направлению к земле. Соответственно, это не место, которое отводится телу, а увеличение скорости по направлению к земле.

Благодаря этой идее движения тяжелых тел становятся совершенно знакомыми. Теперь Ньютон, твердо усвоивший этот новый способ мышления, видит, что луна и планеты движутся по своим траекториям по принципам, аналогичным тем, которые определяют движение снаряда, подброшенного в воздух. И все же движение планет было отмечено особенностями, которые заставили его еще раз слегка изменить свой привычный образ мыслей. Небесные тела, или, скорее, составляющие их части, не движутся с постоянными ускорениями навстречу друг другу, а "притягиваются друг к другу" прямо пропорционально массе и обратно пропорционально квадрату расстояния.

Это последнее понятие, которое включает в себя понятие, применимое к земным телам как к частному случаю, как мы видим, сильно отличается от концепции, с которой мы исходили. Насколько ограниченной по масштабу была первоначальная идея и к какому множеству явлений неприменима нынешняя! И все же в выражении "притяжение" есть, в конце концов, след "поиска места". И действительно, было бы глупостью с нашей стороны с педантичным ужасом избегать этой концепции "привлекательности" как носящей на себе признаки ее родословной. Это историческая основа ньютоновской концепции, и она все еще продолжает направлять наши мысли по столь давно знакомым нам путям. Таким образом, самые счастливые идеи не падают с небес, а проистекают из уже существующих представлений.

Точно так же луч света сначала рассматривался как непрерывная и однородная прямая линия. Затем он стал траекторией проецирования для миниатюрных ракет; затем совокупностью траекторий бесчисленных различных видов ракет. Оно стало периодическим, приобрело различные стороны и в конце концов даже перестало двигаться по прямой.

Первоначально электрический ток задумывался как течение гипотетической жидкости. К этой концепции вскоре было добавлено понятие химического тока, понятие электрического, магнитного и анизотропного оптического поля, тесно связанного с траекторией тока. И чем богаче концепция становится, следуя фактам и идя в ногу с ними, тем лучше она приспособлена к их предвосхищению.

Адаптивные процессы такого рода не имеют определенного начала, поскольку каждая проблема, побуждающая к новой адаптации, предполагает фиксированный образ мыслей. Более того, у них нет видимого конца, поскольку опыт никогда не прекращается. Наука, соответственно, стоит на полпути в эволюционном процессе; и наука может с выгодой направлять и продвигать этот процесс, но она никогда не сможет занять его место. Эта наука непостижима, принципы которой позволили бы человеку, не имеющему опыта, построить мир опыта, не зная о нем. С таким же успехом можно ожидать стать великим музыкантом, исключительно с помощью теории и без музыкального опыта; или стать художником, следуя указаниям учебника.

Просматривая историю идеи, с которой мы стали прекрасно знакомы, мы больше не в состоянии оценить все значение ее роста. Глубокие и жизненно важные изменения,

произошедшие в ходе его эволюции, можно распознать только по поразительной узости взглядов, с которой великие современные ученые время от времени противопоставляли себя друг другу. Волновая теория света Гюйгенса была непонятна Ньютону, а ньютоновская идея всемирного тяготения была непонятна Гюйгенсу. Но столетие спустя оба понятия были совместимы даже в обычных умах.

С другой стороны, оригинальные творения интеллектов-первопроходцев, сформированные бессознательно, не принимают чужеродного облика; их форма - их собственная. В них детская простота сочетается со зрелостью мужественности, и их нельзя сравнивать с мыслительными процессами обычного ума. Последние осуществляются так же, как действия людей в состоянии месмеризма, когда действия непроизвольно следуют образам, которые слова других людей вызывают в их сознании.

Идеи, которые стали наиболее знакомыми благодаря долгому опыту, - это те самые идеи, которые сами собой вторгаются в концепцию каждого нового наблюдаемого факта. Таким образом, в каждом случае они оказываются вовлеченными в борьбу за самосохранение, и именно они охвачены неизбежным процессом трансформации.

На этом процессе в значительной степени основывается метод гипотезного объяснения новых и непостижимых явлений. Таким образом, вместо того, чтобы формировать совершенно новые представления для объяснения движений небесных тел и явлений приливов и отливов, мы представляем, что материальные частицы, составляющие тела Вселенной, обладают весом или притяжением по отношению друг к другу. Точно так же мы представляем себе наэлектризованные тела наполненными жидкостями, которые притягивают и отталкивают, или мы представляем себе пространство между ними находящимся в состоянии упругого натяжения. Поступая таким образом, мы заменяем новые идеи отчетливыми и более знакомыми представлениями из старого опыта — представлениями, которые в значительной степени беспрепятственно следуют своим чередам, хотя они тоже должны претерпеть частичную трансформацию.

Животное не может создавать новые члены для выполнения каждой новой функции, которую требуют от него обстоятельства и судьба. Напротив, оно обязано использовать те, которые у него уже есть. Когда позвоночное животное попадает в среду, где оно должно научиться летать или плавать, дополнительная пара конечностей выращивается не для этой цели. Напротив, животное должно приспособиться и трансформировать пару, которая у него уже есть.

Следовательно, построение гипотез не является продуктом искусственных научных методов. Этот процесс бессознательно осуществляется в самом зачаточном состоянии науки. Даже позже гипотезы не становятся вредными и опасными для прогресса, за исключением случаев, когда на них полагаются больше, чем на сами факты; когда содержание первых ценится выше, чем последних, и когда, жестко придерживаясь гипотетических представлений, мы переоцениваем идеи, которыми обладаем, по сравнению с теми, которые нам предстоит приобрести.

Расширение сферы нашего опыта всегда влечет за собой трансформацию наших идей. Не имеет значения, действительно ли меняется облик природы, представляя новые и странные явления, или же эти явления выявляются благодаря преднамеренному или случайному повороту наблюдения. Фактически, все разнообразные методы научного исследования и

целенаправленной ментальной адаптации, перечисленные Джоном Стюартом Миллем, как наблюдения, так и эксперимента, в конечном счете можно распознать как формы одного фундаментального метода, метода изменения, или вариации. Натурфилософ учится через изменение обстоятельств. Однако этот процесс ни в коем случае не ограничивается исследователем природы. Историк, философ, юрист, математик, художник, эстетик,[77] все освещают и развивают свои идеи, извлекая из богатых сокровищ памяти похожие, но разные случаи; таким образом, они наблюдают и экспериментируют в своих мыслях. Даже если бы весь чувственный опыт внезапно прекратился, события прошедших дней встретились бы в уме в различных положениях, и процесс адаптации все еще продолжался бы - процесс, который, в отличие от адаптации мыслей к фактам в практических сферах, был бы строго теоретическим, являясь адаптацией мыслей к мыслям.

Метод изменения или вариации представляет перед нами сходные случаи явлений, имеющих частично одинаковые, а частично различные элементы. Только путем сравнения различных случаев преломления света при изменяющихся углах падения можно выявить общий фактор - постоянство показателя преломления. И только при сравнении преломлений света разных цветов разница, неравенство показателей преломления привлекает внимание. Сравнение, основанное на изменении, приводит ум одновременно к высочайшим абстракциям и к тончайшим различиям.

Несомненно, животное также способно различать сходные и непохожие два случая. Его сознание пробуждается шумом или шорохом, и его двигательный центр приводится в готовность. Вид существа, вызывающего беспокойство, будет, в зависимости от его размера, провоцировать бегство или побуждать к преследованию; и в последнем случае более точные различия будут определять способ нападения. Но только человек достигает способности к добровольному и сознательному сравнению. Только человек может, благодаря своей способности к абстракции, в один момент подняться до понимания таких принципов, как сохранение массы или энергии, а в следующий наблюдать и отмечать расположение железных линий в спектре. Таким образом, имея дело с объектами своей концептуальной жизни, его идеи раскрываются и разрастаются, подобно его нервной системе, в широко разветвленное и органично сочлененное дерево, на котором он может проследить каждую ветвь до самых дальних ответвлений и, когда того требует случай, вернуться к стволу, с которого он начал.

Английский философ Уэвелл заметил, что для формирования науки необходимы две вещи: факты и идеи. Одни идеи ведут к пустым спекуляциям; простые факты не могут дать органического знания. Мы видим, что все зависит от способности адаптировать существующие представления к новым фактам.

Чрезмерная готовность уступать каждому новому факту препятствует возникновению устойчивых привычек мышления. Чрезмерно жесткие привычки мышления препятствуют свободе наблюдения. В борьбе, в компромиссе между суждением и предвзятостью (prejudice), если можно использовать этот термин, наше понимание вещей расширяется.

Привычное суждение, применяемое к новому делу без предшествующих проверок, мы называем предвзятостью. Кто не знает его ужасной силы! Но мы реже задумываемся о важности и полезности предрассудков. Физически никто не смог бы существовать, если бы ему приходилось направлять и регулировать кровообращение, дыхание и пищеварение своего тела сознательными и целенаправленными действиями. Точно так же никто не смог бы существовать

интеллектуально, если бы ему приходилось формировать суждения о каждом мимолетном опыте, вместо того чтобы позволять контролировать себя тем суждениям, которые он уже сформировал. Предубеждение - это своего рода рефлекторное движение в сфере интеллекта.

На предрассудках, то есть на привычных суждениях, не проверяемых во всех случаях, к которым они применяются, основывается значительная часть мысли и работы естествоиспытателя. На предрассудках зиждется большая часть поведения общества. С внезапным исчезновением предрассудков общество безнадежно распалось бы. Этот принц продемонстрировал глубокое понимание силы интеллектуальной привычки, который подавил громкие угрозы и требования своих телохранителей о задолженности по жалованью и заставил их развернуться и выступить простым произнесением обычного слова команды; он хорошо знал, что они не смогут этому сопротивляться.

Только до тех пор, пока расхождение между привычными суждениями и фактами не станет значительным, исследователь будет вовлечен в ощутимую иллюзию. Затем в практической жизни отдельных людей и наций происходят трагические осложнения и катастрофы — кризисы, когда человек, ставящий обычай выше жизни, вместо того, чтобы поставить его на службу жизни, становится жертвой своей ошибки. Та самая сила, которая в интеллектуальной жизни продвигает нас вперед, взращивает и поддерживает, в других обстоятельствах может ввести нас в заблуждение и уничтожить.

Идеи - это еще не вся жизнь. Это лишь кратковременные вспышки света, предназначенные для освещения путей воли. Но как деликатные реагенты на нашу органическую эволюцию, наши идеи имеют первостепенное значение. Ни одна теория не может опровергнуть жизненно важную трансформацию, которая, как мы чувствуем, происходит внутри нас с их помощью. Также нет необходимости в том, чтобы у нас были доказательства этого процесса. Мы немедленно в этом убедились.

Таким образом, трансформация идей предстает как часть общей эволюции жизни, как часть ее адаптации к постоянно расширяющейся сфере действия. Гранитный валун на склоне горы стремится к земле внизу. Он должен оставаться на своем месте покоя тысячи лет, прежде чем его опора ослабнет. Кустарник, растущий у его основания, развит дальше; он приспосабливается к лету и зиме. Лиса, которая, преодолевая силу тяжести, ползет к вершине, где она учуяла свою добычу, более свободна в своих движениях, чем любая из них. Рука человека простирается еще дальше, и едва ли в Африке или Азии происходит что-либо примечательное, что не наложило бы отпечаток на его жизнь. Какая огромная часть жизни других людей отражается в нас самих: их радости, их привязанности, их счастье и несчастье! И это тоже, когда мы рассматриваем только наше непосредственное окружение и ограничиваем наше внимание современной литературой. Насколько больше мы переживаем, путешествуя по Древнему Египту с Геродотом, прогуливаясь по улицам Помпеи, возвращаясь к мрачному периоду крестовых походов или к золотому веку итальянского искусства, знакомясь то с врачом

Мольера, то с Дидро или Д'Аламбером. Какую огромную часть жизни других людей, их характера и их предназначения мы не впитываем через поэзию и музыку! И хотя они лишь мягко затрагивают струны наших эмоций, подобно воспоминанию о молодости, мягко воздействующему на душу пожилого человека, мы, тем не менее, частично пережили их заново. Каким великим и всеобъемлющим становится "я" в этой концепции; и каким ничтожным становится личность! Эгоистические системы, как оптимизма, так и пессимизма, погибают со своим узким стандартом значимости интеллектуальной жизни. Мы чувствуем, что настоящие жемчужины жизни заключены в постоянно меняющемся содержании сознания, и что человек - это всего лишь безразличная символическая нить, на которую они нанизаны.[78]

Таким образом, мы готовы рассматривать самих себя и каждую из наших идей как продукт и субъект всеобщей эволюции; и таким образом мы будем уверенно и беспрепятственно продвигаться по путям, которые откроет перед нами будущее.[79]

О ПРИНЦИПЕ СРАВНЕНИЯ В ФИЗИКЕ.[80]

Двадцать лет назад, когда Кирхгоф определил объект механики как "описание в полных и очень простых терминах движений, происходящих в природе", он произвел этим заявлением особое впечатление. Четырнадцать лет спустя Больцман в своей реалистичной картине великого исследователя, которую он нарисовал, все еще мог говорить о всеобщем изумлении этим новым методом трактовки механики, и сегодня мы встречаемся с эпистемологическими трактатами, которые ясно показывают, насколько трудно принять эту точку зрения. Однако нашлась скромная и небольшая группа исследователей, для которых несколько слов Кирхгофа были вестью о желанном и могущественном союзнике в эпистемологической области.

Теперь, как случилось, что мы так неохотно соглашаемся с философским мнением исследователя, для научных достижений которого у нас есть только слова похвалы? Одна из причин, вероятно, заключается в том, что мало кто из исследователей может найти время и досуг среди требовательных занятий, необходимых для приобретения новых знаний, для тщательного изучения того огромного психического процесса, посредством которого формируется наука. Далее, неизбежно, что в жесткие слова Кирхгофа следует вложить многое из того, что они изначально не предназначались для передачи, и что в них следует обнаружить недостаток многого из того, что всегда считалось существенным элементом научного знания. Чего может достичь простое описание? Что стало с объяснением, с нашим пониманием причинной связи вещей?

Позвольте мне на мгновение откровенно и непредвзято поразмыслить не о результатах науки, а о способах ее *роста*. Нам известен только*один* источник *немедленного раскрытия* научных фактов — *наши органы чувств*. Ограниченный только этим источником, полностью полагающийся на свои собственные ресурсы, вынужденный всегда начинать все сначала, чего мог достичь изолированный индивид? О запасе знаний, приобретенных таким образом, наука далекой негритянской деревушки в самой темной Африке вряд ли могла дать нам достаточно унизительное представление. Ибо там уже начало свою работу то истинное чудо передачи

мыслей, по сравнению с которым чудеса спиритуалистов кажутся чудовищными, -*общение посредством языка*. Подумайте также, что с помощью магических символов, имеющихся в наших библиотеках, мы можем поднять дух "суверенных умерших древности" от Фарадея до Галилея и Архимеда, через века времени — духов, которые не отвергают нас двусмысленными и насмешливыми оракулами, но рассказывают нам лучшее, что знают сами; тогда мы почувствуем, каким колоссальным и незаменимым фактором в формировании науки является*коммуникация*. Науке принадлежат не смутные, полусознательные *догадки* проницательного наблюдателя природы или критика человечества, а только то, чем они обладают достаточно ясно, чтобы *сообщить* другим.

Но как же теперь нам осуществить это сообщение о недавно приобретенном опыте, о недавно наблюдаемом факте? Как различные призывы и боевые кличи стадных животных являются бессознательно сформированными знаками общего наблюдения или действия, независимо от причин, вызывающих такое действие, — факт, который уже включает в себя зародыш концепции; так и слова человеческого языка, который является только более узкоспециализированным, являются названиями или знаками для общеизвестных фактов, которые все могут наблюдать или уже наблюдали. Если ментальное представление, соответственно, следует за новым фактом сразу и*пассивно*, то этот новый факт сам по себе должен быть немедленно конституирован и представлен в мышлении фактами, уже общеизвестными и обычно наблюдаемыми. Память всегда готова выдвинуть для*сравнения* известные факты, которые напоминают новое событие или согласуются с ним в определенных чертах, и таким образом делает возможным то элементарное внутреннее суждение, за которым вскоре следует зрелое и окончательно сформулированное суждение.

Сравнение, как фундаментальное условие коммуникации, является самым мощным внутренним жизненно важным элементом науки. Зоолог видит в костях перепонок крыльев летучих мышей, пальцев; он сравнивает кости черепа с позвоночными, эмбрионы различных организмов друг с другом и различные стадии развития одного и того же организма сдругими. Географ видит в озере Гарда фьорд, в Аральском море - озеро в процессе высыхания. Филолог сравнивает разные языки друг с другом, а также образования одного и того же языка. Если о сравнительной физике не принято говорить в том же смысле, в каком мы говорим о сравнительной анатомии, то причина в том, что в науке, занимающейся такой большой экспериментальной деятельностью, внимание слишком сильно отвлечено от*созерцательного* элемента. Но, как и все другие науки, физика живет и развивается в сравнении.

Способ, которым результат сравнения находит выражение в сообщении, конечно, сильно различается. Когда мы говорим, что цветами спектра являются красный, желтый, зеленый, синий и фиолетовый, используемые обозначения, возможно, были заимствованы из технологии нанесения татуировки, или впоследствии они могли приобрести значение обозначения цветов розы, лимона, листа, цветка кукурузы и фиалки. Однако из-за частого повторения таких сравнений, проводимых в самых разнообразных обстоятельствах, непостоянные черты по сравнению с постоянными соответствующими чертами настолько стираются, что последние

приобретают фиксированное значение, независимое от любого объекта и связи, или приобретают, как мы говорим,*абстрактное* или *концептуальное* значение. Никто не думает при слове "красный" о каком-либо ином соответствии розы, кроме цвета, или при слове "прямой" о каком-либо другом свойстве натянутого шнура, кроме одинаковости направления. Точно так же числа, первоначально являвшиеся названиями пальцев рук и ног, из используемых в качестве обозначений расположения всевозможных объектов были перенесены в плоскость абстрактных понятий. Словесный отчет (коммуникация) о факте, использующий только эти чисто абстрактные средства, мы называем *прямым описанием*.

Прямое описание факта любого масштаба является утомительной задачей, даже если необходимые понятия уже полностью разработаны. Какое же это упрощение, если мы можем сказать, что рассматриваемый сейчас факт *A* соответствует себе не в *одном*, а во *многих* или во *всех* его чертах, подобно старому и хорошо известному факту *B*. Луна ведет себя по отношению к земле как тяжелое тело; свет - как волновое движение или электрическая вибрация; магнит - как если бы он был наполнен тяготеющими жидкостями, и так далее. Мы называем такое описание, в котором мы как бы апеллируем к описанию, уже сформулированному в другом месте или, возможно, все еще подлежащему точной формулировке,*косвенным описанием*. Мы вольны дополнять это описание постепенно, прямым описанием, исправлять его или полностью заменять. Таким образом, мы без труда видим, что то, что называется*теорией* или *теоретической идеей*, подпадает под категорию того, что здесь называется косвенным описанием.

Что же такое теоретическая идея? Откуда мы ее берем? Чего она дает нам? Почему оно занимает более высокое место в наших суждениях, чем простое цепляние за факт или наблюдение? И здесь в игру вступают только память и сравнение. Но вместо*единственной* черты сходства, извлеченной из памяти, в данном случае перед нами *огромная система* сходств, хорошо известная физиономия, с помощью которой новый факт немедленно

превращается в старого знакомого. Кроме того, в силах идеи предложить нам больше, чем мы на самом деле видим в новом факте в первый момент; она может расширить факт и обогатить его чертами, которые мы сначала вынуждены *искать* в таких предположениях и которые часто действительно обнаруживаем. Именно эта *быстрота* расширения знаний отдает теории предпочтение перед простым наблюдением. Но это предпочтение носит исключительно *количественный характер*. Качественно и в действительно существенных моментах теория не отличается от наблюдения ни способом своего возникновения, ни своими последними результатами.

Однако принятие теории всегда сопряжено с опасностью. Ибо теория мысленно ставит на место факта *A* всегда *другой*, но более простой и знакомый факт *B*, который в *некоторых* отношениях может мысленно представлять *A*, но именно по той причине, что он другой, в других отношениях не может его представлять. Если сейчас, что вполне может случиться, не проявлять достаточной осторожности, то самая плодотворная теория может при особых обстоятельствах стать откровенным препятствием для исследования. Таким образом, эмиссионная теория света, приучая физика думать о траектории полета "световых частиц" как о недифференцированной прямой, явно препятствовала открытию периодичности света. Заменяя свет более знакомыми звуковыми явлениями, Гюйгенс делает свет во многих его чертах знакомым явлением, но что касается поляризации, в которой отсутствуют продольные волны, с которыми был знаком только он, то она имела для него вдвойне странный аспект. Таким образом, он не в состоянии охватить абстрактным мышлением факт поляризации, который находится у него перед глазами, в то время как Ньютон, просто приспособив к наблюдению свои мысли и поставив этот вопрос: "*Анон radiorum luminis diversa sunt latera?*" абстрактно уловил поляризацию, то есть непосредственно описал ее, за столетие до Малуса. С другой стороны, если соответствие факта с идеей, теоретически представляющей его, простирается дальше, чем первоначально предполагал его изобретатель, то это может привести нас к неожиданным открытиям, из которых коническое преломление, круговая поляризация за счет полного отражения, волны Герца предлагают готовые примеры, в отличие от иллюстраций, приведенных выше.

Наше понимание указанных условий, возможно, улучшится, если мы более подробно рассмотрим развитие той или иной теории. Давайте рассмотрим намагниченный стальной стержень рядом со вторым немагнитным стержнем, во всех остальных отношениях таким же. Второй стержень не указывает на присутствие железных опилок; первый притягивает их. Кроме того, когда отсутствуют железные опилки, мы должны думать о намагниченном бруске как о состоянии, отличном от состояния немагнитного. Ибо то, что простое присутствие железных опилок не вызывает явления притяжения, доказывается вторым немагнитным стержнем. Простодушный человек, который находит в своей воле, как в самом знакомом ему источнике силы, наилучшие возможности для сравнения, заключает в магните разновидность*духа*. Поведение теплого тела или *наэлектризованного* тела наводит на аналогичные мысли. Такова точка зрения древнейшей теории, *фетишизма*, которую исследователи раннего Средневековья еще не преодолели и которая в своих последних остатках, в концепции сил, все еще процветает в современной физике. Таким образом, мы видим, что *драматический* элемент должен отсутствовать в научном описании не больше, чем в захватывающем романе.

Если при последующем рассмотрении будет замечено, что холодное тело, соприкасаясь с горячим телом, нагревается, так сказать, *за счет* горячего тела; далее, что при одинаковых веществах холодное тело, которое, скажем, имеет вдвое большую массу, чем другое,

приобретает лишь половину того количества градусов температуры, которое теряет другое, возникает совершенно новое впечатление. Демонический характер события исчезает, ибо предполагаемый дух действует не по прихоти, а в соответствии с установленными законами. Однако на его место *инстинктивно* заменяется понятие *вещества*, часть которого перетекает из одного тела в другое, но общее количество которого, представимое суммой произведений масс на соответствующие изменения температуры, остается постоянным. Блэк был первым, кто *был сильно* поражен этим сходством тепловых процессов с движением вещества, и под его руководством открыл удельную теплоемкость, теплоту плавления и теплоту испарения тел. Однако, набирая силу и закрепляясь благодаря этим успехам, это понятие субстанции впоследствии встало на пути научного прогресса. Это ослепило глаза последователей Блэка и помешало им увидеть очевидный факт, известный каждому дикарю, а именно, что тепло *производится* трением. Какой бы плодотворной ни была эта идея для Блэка, какой бы полезной она ни была до сих пор для современных исследователей в специальной области Блэка, постоянной и универсальной значимости как *теории* она никогда не смогла бы сохранить. Но то, что концептуально существенно в нем, а именно постоянство вышеупомянутой суммы продуктов, сохраняет свою ценность и может рассматриваться как *прямое описание* фактов Блэка.

Само собой разумеется, что те теории, которые выдвигаются непрошеною, инстинктивно и полностью по собственному желанию, должны обладать наибольшей силой, должны больше всего увлекать наши мысли и демонстрировать самые стойкие способности к самосохранению. С другой стороны, можно также заметить, что при критическом рассмотрении такие теории чрезвычайно склонны терять свою убедительность. Мы постоянно заняты "субстанцией", способы ее действия неизгладимо запечатлелись в наших мыслях, с ней связаны наши самые яркие и ясные воспоминания. Поэтому нас не должно удивлять, что Роберт Майер и Джоуль, нанесшие окончательный удар субстанциальной концепции тепла Блэка, вновь ввели то же самое понятие субстанции в более абстрактной и модифицированной форме, только применительно к гораздо более обширной области.

И здесь перед нами ясно лежат психологические обстоятельства, придающие новой концепции ее силу. Необычная краснота венозной крови в тропическом климате обращает внимание Майера на меньший расход внутреннего тепла и на пропорционально меньшее*потребление веществ* человеческим организмом в этих климатических условиях. Но поскольку каждое усилие человеческого организма, включая его механическую работу, связано с потреблением материала, и поскольку работа за счет трения может выделять тепло, следовательно, тепло и работа являются натуральными эквивалентами, и между ними должно существовать пропорциональное соотношение. Не*каждое* количество, а надлежащим образом рассчитанная *сумма* этих двух величин, связанная с пропорциональным потреблением материала, представляется *существенной*.

Руководствуясь точно такими же соображениями относительно экономичности гальванического элемента, Джоуль пришел к своей точке зрения; он экспериментально обнаружил, что сумма тепла, выделяемого в контуре, тепла, расходуемого при сгорании образующегося газа, электромагнитной работы тока, правильно рассчитанной, — короче говоря, сумма всех воздействий батареи, - связана с пропорциональным потреблением цинка. Соответственно, эта сумма сама по себе носит солидный характер.

Майер был настолько поглощен достигнутым видением, что неуничтожимость *силы*, выражаясь нашим языком, *работы*, казалась ему *априори* очевидной. "Создание или уничтожение силы, - говорит он, - лежит вне сферы человеческой мысли и могущества". Джоуль высказался примерно в том же духе: "Явно абсурдно предполагать, что силы, которыми Бог наделил материю, могут быть уничтожены". Как ни странно, на основании таких высказываний не Джоуль, а Майер был отмечен как метафизик. Однако мы можем быть уверены, что оба человека просто выражали, и то наполовину бессознательно, сильную *формальную* потребность в новом простом взгляде, и что оба были бы крайне удивлены, если бы им предложили представить их принцип философскому конгрессу или церковному синоду для принятия решения о его обоснованности. Но, несмотря на все договоренности, отношение этих двух мужчин в других отношениях было совершенно разным. В то время как Майер представлял эту *формальную* потребность со всей колоссальной инстинктивной силой гения, можно сказать, почти с пылом фанатизма, но при этом не испытывал недостатка в концептуальной способности вычислить раньше всех других исследователей механический эквивалент тепла на основе старых физических констант, давно известных и имеющихся в распоряжении всех, и таким образом разработать для новой доктрины программу, охватывающую всю физику и физиологию; Джоуль, с другой стороны, приложил все усилия к точной проверке доктрины с помощью прекрасно продуманных и мастерски выполненных экспериментов, охватывающих все области физики. физические факультеты. Вскоре Гельмгольц тоже взялся за эту проблему в совершенно независимой и характерной манере. После профессиональной виртуозности, с которой этот физик ухватил и разрешил все вопросы, не урегулированные программой Майера, и многого другого, что особенно поражает нас, так это непревзойденная критическая проницательность этого двадцатишестилетнего молодого человека. В его изложении не хватает той горячности и порывистости, которые отличали Майера. Принцип сохранения энергии не является для него самоочевидным или *априорным* утверждением. Что следует из предположения, что это утверждение выполняется? В этой гипотетической форме он подчиняет себе свою материю.

Должен признаться, я всегда поражался эстетическому и этическому вкусу многих наших современников, которым удалось создать из такого соотношения вещей одиозные национальные и личные вопросы, вместо того чтобы восхвалять удачу, заставившую *нескольких* таких людей работать вместе, и радоваться поучительному разнообразию и особенностям великих умов, чреватым для нас такими богатыми последствиями.

Мы знаем, что еще одна теоретическая концепция сыграла свою роль в развитии принципа энергии, от которого Майер держался в стороне, а именно концепция о том, что тепло, как и другие физические процессы, обусловлено движением. Но как только принцип энергии достигнут, эти вспомогательные и переходные теории не выполняют существенной функции, и мы можемрассматривать принцип, подобный тому, который дал Блэк, как вклад в *прямое описание* широко расширенной области фактов.

Исходя из таких соображений, представляется не только целесообразным, но даже необходимым, при всем должном признании полезности теоретических идей в исследовании, однако постепенно, по мере ознакомления с новыми фактами, заменить косвенное описание*прямым* описанием, которое не содержит ничего несущественного и полностью ограничивается абстрактным восприятием фактов. Мы могли бы почти сказать, что описательные науки, называемые так с оттенком снисходительности, в отношении научного

характера опередили вошедшие в моду в последнее время физические объяснения. Конечно, здесь необходимость превратилась в добродетель.

Мы должны признать, что не в наших силах прямо описать каждый факт на данный момент. В самом деле, мы впали бы в полное отчаяние, если бы все богатство фактов, к познанию которых мы подходим шаг за шагом, было представлено нам всем сразу. К счастью, сначала нам бросаются в глаза только отдельные и необычные черты, которые мы приближаем к себе,*сравнивая* с повседневными событиями. Здесь впервые развиваются понятия об обычной речи. Тогда сравнения становятся более разнообразными и многочисленными, области сравниваемых фактов более обширными, концепции, которые делают возможным прямое описание, пропорционально более общими и абстрактными.

Сначала мы знакомимся с движением свободно падающих тел. Затем понятия силы, массы и работы переносятся, с соответствующими изменениями, на явления электричества и магнетизма. Говорят, что поток воды подсказал Фурье первую отчетливую картину тепловых потоков. Частный случай колебаний струн, исследованный Тейлором, прояснил для него частный случай теплопроводности. Во многом таким же образом, как Даниэль Бернулли и Эйлер построили самые разнообразные формы колебаний струн на основе случаев Тейлора, так и Фурье строит из простых случаев проводимости самые разнообразные движения тепла; и этот метод распространился на всю физику. Ом формирует свою концепцию электрического тока в подражание Фурье. Последний также использует теорию диффузии Фика. Аналогичным образом развивается концепция магнитного тока. Таким образом, все виды стационарных токов обладают общими чертами, и даже условие полного равновесия в протяженной среде разделяет эти черты с динамическим условием равновесия стационарного тока. Такие отдаленные вещи, как магнитные силовые линии электрического тока и линии течения вихря жидкости без трения, вступают таким образом в своеобразные отношения подобия. Концепция потенциала, первоначально сформулированная для ограниченной провинции, приобретает широкое применение. Такие непохожие вещи, как давление, температура и электродвижущая сила, теперь демонстрируют точки согласия в отношении идей, выведенных определенными методами из этой концепции, а именно: падение давления, падение температуры, падение потенциала, а также с дальнейшими представлениями о жидкостной, тепловой и электрической силе тока. То отношение между системами идей, в котором ясно выявляется несходство каждых двух гомологичных понятий, а также совпадение в логических отношениях каждых двух гомологичных пар понятий, называется *аналогией*. Это эффективное средство овладения разнородными областями фактов в едином понимании. Ясно показан путь, по которому будет развиваться*универсальная физическая феноменология,* охватывающая все области.

В описанном процессе мы впервые приходим к тому, что необходимо для прямого описания широких областей фактов, — к широко распространенной *абстрактной концепции*. А теперь я должен задать вопрос, отдающий школьным наставником, но неизбежный: что такое концепция? Является ли это туманным представлением, допускающим к тому же ментальную визуализацию? Нет. Мысленная визуализация сопутствует ему только в простейших случаях, и то лишь в качестве дополнения. Подумайте, например, о "коэффициенте самоиндукции" и поищите его визуализированный мысленный образ. Или, может быть, это понятие - просто слово? Принятие этой жалкой идеи, которая на самом деле была недавно предложена

известным математиком, лишь отбросило бы нас на тысячу лет назад, в глубочайшую схоластику. Поэтому мы должны отвергнуть его.

Решение не заставит себя долго ждать. Мы не должны думать, что ощущение или репрезентация - это чисто пассивный процесс. Низшие организмы реагируют на это простым рефлекторным движением, поглощая приближающуюся к ним добычу. У высших организмов центростремительный стимул встречает в нервной системе препятствия и вспомогательные средства, которые модифицируют центробежный процесс. У еще более высших организмов, где преследуется и исследуется добыча, рассматриваемый процесс может проходить по обширным траекториям круговых движений, прежде чем наступит относительный покой. Наша собственная жизнь тоже протекает в таких процессах; все, что мы называем наукой, можно рассматривать как части, или промежуточные элементы, такой деятельности.

Теперь нас не удивит, если я скажу: определение концепции, а когда она очень знакома, даже ее название, является *импульсом* к некоторой точно определенной, часто сложной, критической, сравнительной или конструктивной *деятельности*, обычно чувственно воспринимаемым результатом которой является термин или член объема концепции. Не имеет значения, привлекает ли концепция внимание только к одному определенному чувству (например, зрению) или к фазе чувства (например, цвету, форме), или является отправной точкой сложного действия; равно как и то, является ли рассматриваемая деятельность (химические, анатомические и математические операции) мускульной или технической, или выполняется полностью в воображении, или только намекается. Концепция для физика - то же, что музыкальная нота для пианиста. Опытный физик или математик читает мемуары, как музыкант читает партитуру. Но точно так же, как пианист должен сначала научиться двигать пальцами поодиночке и коллективно, прежде чем он сможет без усилий следовать за нотами, так и физик или математик должен пройти долгое ученичество, прежде чем он обретет, так сказать, контроль над множеством тонких функций иннервации своих мышц и воображения. Подумайте о том, как часто новичок в физике или математике выполняет больше или меньше, чем требуется, или о том, как часто он воспринимает вещи иначе, чем они есть на самом деле! Но если, пройдя достаточную дисциплину, он натыкается на фразу "коэффициент самоиндукции", он сразу же понимает, чего от него требует этот термин. Таким образом, само ядро концепций - это долго и тщательно отрабатываемые *действия*, которые берут свое начало в необходимости сравнения и представления фактов другими фактами. Фактически, и позитивная, и философская филология утверждают, что установили, что все корни представляют концепции и первоначально обозначали только мышечную деятельность. Медленное согласие физиков с изречением Кирхгофа теперь становится понятным. Они лучше всего могли ощутить огромное количество индивидуального труда, теории и навыков, необходимых для того, чтобы можно было реализовать идеал прямого описания.

Предположим теперь, что идеал данной области фактов достигнут. Выполняет ли описание все, о чем может просить исследователь? На мой взгляд, да. Описание - это мысленное накопление фактов, и это накопление в экспериментальных науках часто является условием фактического выполнения. Для физика, если взять частный случай, метрическими единицами являются строительные камни, концепциями - направления для строительства, а фактами - результат строительства. Наши ментальные образы почти полностью заменяют факт, и с их помощью мы можем установить все свойства факта. Мы не знаем того худшего, что сделали сами.

Люди требуют от науки, чтобы она *пророчествовала*, и Герц использует это выражение в своей посмертной "*Механике*. Но, каким бы естественным это ни было, это выражение слишком узкое. Геолог и палеонтолог, иногда астроном, и всегда историк и филолог, пророчествуют, так сказать,*задом наперед*. Описательные науки, такие как геометрия и математика, не предсказывают ни вперед, ни назад, но ищут из данных условий обусловленное. Давайте лучше скажем: *наука завершает осмысление фактов, которые даны лишь частично*. Это становится возможным благодаря описанию, поскольку описание предполагает взаимозависимость описательных элементов: в противном случае ничего не было бы описано.

Говорят, что описание оставляет неудовлетворенным чувство причинности. Фактически, многие воображают, что они лучше понимают движения, когда представляют себе силы притяжения; и все же*ускорения*, факты, достигают большего без лишних дополнений. Я надеюсь, что наука будущего отбросит идею причины и следствия как формально неясную; и в моем ощущении, что эти идеи содержат сильный налет фетишизма, я, конечно, не одинок. Более правильным было бы*рассматривать абстрактные определяющие элементы факта как взаимозависимые*чисто логическим образом, как это делает математик или геометр. Правда, по сравнению с волей силы приближаются к нашему ощущению; но может случиться так, что в конечном счете сама воля станет яснее по сравнению с ускорениями масс.

Если нас откровенно спросят, когда факт становится для нас*ясным*, мы должны ответить: "когда мы можем воспроизвести его с помощью очень *простых* и очень знакомых интеллектуальных операций, таких как вычисление ускорений или геометрическое суммирование ускорений и так далее". Требование *простоты*, конечно, для эксперта отличается от того, что предъявляется к новичку. Для первого достаточно описания с помощью системы дифференциальных уравнений; для второго требуется постепенное построение элементарных законов. Первый сразу обнаруживает связь между двумя изложениями. Конечно, никто не оспаривает, что *художественная* ценность материально эквивалентных описаний не может отличаться.

Труднее всего убедить незнакомых людей в том, что великие универсальные законы физики, которые применяются без разбора к материальным, электрическим, магнитным и другим системам, существенно не отличаются от описаний. По сравнению со многими науками физика занимает в этомотношении выгодное положение, которое легко объяснить. Возьмем, к примеру, анатомию. По мере того как анатом в своем поиске сходств и различий у животных поднимается ко все более и более высоким*классификациям*, отдельные факты, представляющие конечные

элементы системы, все еще настолько различны, что их следует *отдельно* отметить. Подумайте, например, об общих признаках позвоночных, о классовых признаках млекопитающих и Птиц, с одной стороны, и Рыб - с другой, о двойном кровообращении, с одной стороны, и одинарном - с другой. В конце концов, всегда остаются *разрозненные* факты, которые демонстрируют лишь *незначительное* сходство друг с другом.

Наука, еще более тесно связанная с физикой, химия, часто находится в том же положении. Резкое изменение качественных свойств, по всей вероятности, обусловленное незначительной стабильностью промежуточных состояний, отдаленное сходство с согласованными фактами химии затрудняют обработку ее данных. Пары тел с различными качественными свойствами соединяются в различных массовых соотношениях; но сначала не следует замечать никакой связи между первым и последним.

Физика, с другой стороны, открывает нам широкие области *качественно однородных* фактов, отличающихся друг от друга только количеством равных частей, на которые делятся их характерные признаки, то есть отличающихся только *количественно*. Даже там, где нам приходится иметь дело с качествами (цветами и звуками), в нашем распоряжении имеются количественные характеристики этих качеств. Здесь классификация является настолько простой задачей, что она редко производит на нас впечатление как таковая, в то время как в бесконечно тонких градациях, в*континууме фактов*, наша система счисления заранее готова следовать так далеко, как мы пожелаем. Согласованные факты здесь чрезвычайно схожи и очень тесно связаны, как и их описания, которые состоят в определении числовых показателей одного данного набора символов по сравнению с показателями другого набора с помощью знакомых математических операций — методов вывода. Таким образом, здесь можно найти общие характеристики всех описаний; и вместе с ними дается краткое, всеобъемлющее описание или правило для построения всех отдельных описаний, — и это мы называем*законом*. Хорошо известными примерами являются формулы для свободно падающих тел, для снарядов, для центрального движения и так далее. Если физика, по-видимому, достигает своими методами большего, чем другие науки, мы должны помнить, что в некотором смысле она поставила перед собой гораздо более простые задачи.

Остальным наукам, факты которых также представляют физическую сторону, не нужно завидовать физике за это превосходство; ибо все ее приобретения в конечном счете идут на пользу и им. Но также и в других отношениях эта взаимопомощь должна измениться. Химия продвинулась очень далеко в том, чтобы использовать методы физики самостоятельно. Помимо более ранних попыток, периодические издания Лотара Мейера и Менделеева являются блестящим и адекватным средством создания легко обозримой системы фактов, которая, постепенно становясь полной, займет место почти непрерывного массива фактов. Далее, благодаря изучению растворов, диссоциации, фактически вообще явлений, представляющих собой континуум случаев, методы термодинамики нашли свое применение в химии. Точно так же мы можем надеяться, что когда-нибудь в будущем математик, представив перед своим умом континуум эмбриологических фактов, который палеонтологи будущего предположительно обогатят большим количеством промежуточных и производных форм между ящерицами и Птицами, чем изолированные птеродактили, археоптериксы, ихтиорнисы и так далее, которые у нас есть сейчас, — что такой математик преобразует, путем изменения нескольких параметров, как в виде растворения, одну форму в другую, точно так же, как мы преобразуем одно коническое сечение в другое.

Возвращаясь теперь к словам Кирхгофа, мы можем прийти к некоторому соглашению относительно их значения. Ничто не может быть построено без строительных камней, строительного раствора, лесов и мастерства строителя. И все же, несомненно, это вполне обоснованное желание, которое покажет потомкам все сооружение в его законченном виде, лишенное неприглядных строительных лесов. В словах Кирхгофа говорит чистое логическое и эстетическое чувство математика. Современные представления о физике стремятся к его идеалу; это тоже понятно. Но было бы плохим дидактическим ходом для того, чьим делом было готовить архитекторов, сказать: "Вот великолепное здание; если ты действительно хочешь строить, иди и делай то же самое".

Барьеры между специальными науками, которые делают возможным разделение труда и концентрацию, но которые в конечном итоге кажутся нам холодными и общепринятыми ограничениями, постепенно исчезнут. Мост за мостом перебрасываются через пробелы. Сравниваются содержание и методы даже самых отдаленных отраслей. Когда через сто лет соберется Конгресс естествоиспытателей, мы можем ожидать, что они будут представлять единство в более высоком смысле, чем это возможно сегодня, не только в чувствах и целях, но и в методе. Между тем, этому великому изменению будет способствовать то, что мы будем постоянно помнить о факте внутренней взаимосвязи всех исследований, который Кирхгоф охарактеризовал с такой классической простотой.

РОЛЬ, КОТОРУЮ СЛУЧАЙНОСТЬ ИГРАЕТ В ИЗОБРЕТЕНИЯХ И ОТКРЫТИЯХ.[81]

Характерно для наивного и оптимистичного начала мышления молодых людей и наций, что все проблемы считаются разрешимыми и фундаментально понятными при первом появлении успеха. Мудрец из Милета, увидев, как растения растут от влаги, поверил, что постиг всю природу, а мудрец с Самоса, обнаружив, что определенные числа соответствуют длинам гармонических струн, вообразил, что может исчерпать природу мира с помощью чисел. Философия и наука в такие периоды сливаются воедино. Более широкий опыт, однако, быстро раскрывает ошибочность такого курса, дает повод для критики и ведет к разделению и ветвлению наук.

В то же время сохраняется необходимость широкого взгляда на мир; и для удовлетворения этой потребности философия уделяет компании особое внимание. Это правда, эти двое часто объединяются в гигантских личностях. Но, как правило, их пути все больше и больше расходятся друг от друга. И если отчуждение философии от науки может дойти до такой степени, что данные, недостойные детской, не будут считаться слишком скудными в качестве основы мира, с другой стороны, всесторонне развитый специалист может дойти до крайности, категорически отвергнув возможность более широкого взгляда или, по крайней мере, сочтя его излишним, забыв об апофегме Вольтера, нигде более не применимой, чем здесь, *Le superflu-chose très nécessaire*.

Это правда, что история философии из-за недостаточности ее конструктивных данных есть и должна быть в значительной степени историей ошибок. Но было бы верхом неблагодарности с нашей стороны забывать, что семена идей, которые все еще дают плоды на почве специальных исследований, таких как теория иррационального, концепции сохранения, доктрина эволюции,

идея особых энергий и так далее, могут быть прослежены в далекие века до философских источников. Более того, отложить или отказаться от попытки выработать широкий философский взгляд на мир из-за полного осознания недостаточности наших материалов - это совсем другое дело, чемникогда не предпринимать этого вообще. Более того, месть за ее пренебрежение постоянно постигает специалиста в виде совершения им тех самых ошибок, которые философия давно разоблачила. Фактически, в физике и физиологии, особенно в первой половине нынешнего столетия, можно встретить интеллектуальные разработки, которые по наивной простоте ни на йоту не уступают разработкам ионийской школы, или платоновским идеям, или тому столь поносимому онтологическому доказательству.

В последнее время появились свидетельства постепенного изменения ситуации. Современная философия ставит перед собой более скромные и более достижимые цели; она больше не враждебна специальному исследованию; фактически, она ревностно участвует в этом исследовании. С другой стороны, специальные науки, математика и физика, не в меньшей степени, чем филология, стали в высшей степени философскими. Представленный материал больше не воспринимается некритично. Взгляд исследователя устремлен на соседние поля, откуда был получен этот материал. Различные специальные отделы стремятся к более тесному объединению, и постепенно укрепляется убеждение, что философия может состоять только из взаимной, дополняющей друг друга критики, взаимопроникновения и объединения специальных наук в единое целое. Как кровь, питающая тело, разделяется на бесчисленные капилляры только для того, чтобы снова собраться и встретиться в сердце, так и в науке будущего все ручейки знания будут все больше и больше собираться в общий и неразделенный поток.

Именно эту точку зрения — не незнакомую нынешнему поколению — я намерен отстаивать. Не питайте никаких надежд или, скорее, опасений, что я создам системы для вас. Я останусь прирожденным исследователем. И не ожидайте, что в мои намерения входит обойти все области естественного исследования. Я могу попытаться быть вашим проводником только в той отрасли, которая мне знакома, и даже там я могу помочь в выполнении лишь небольшой части возложенной на меня задачи. Если мне удастся разъяснить вам взаимосвязь физики, психологии и теории познания, чтобы вы могли извлекать из каждого выгоду и проливать свет, принося пользу каждому из них, я буду считать, что мой труд не был напрасным. Поэтому, чтобы проиллюстрировать на примере, как, в соответствии с моими способностями и взглядами, я полагаю, следует проводить такие исследования, я рассмотрю сегодня в форме краткого очерка следующую специальную и ограниченную тему - о *роли, которую случайные обстоятельства играют в развитии изобретений и открытий*.

Когда мы, немцы, говорим о человеке, что он не был изобретателем пороха,[82] мы косвенно ставим под серьезное сомнение его способности. Но это выражение не является удачным, поскольку, вероятно, нет изобретения, в котором доля обдуманности была бы меньше, а чистой удачи - больше, чем в этом. Уместно спросить, правомерно ли нам занижать оценку достижений изобретателя на том основании, что несчастный случай помог ему в его работе? Гюйгенс, чьих открытий и изобретений вполне достаточно, чтобы дать ему право на собственное мнение в подобных вопросах, придает большое значение этому фактору. Он утверждает, что человек, способный изобрести телескоп без стечения обстоятельств, должен был быть наделен сверхчеловеческим гением.[83]

Человек, живущий в гуще цивилизации, оказывается окруженным множеством удивительных изобретений, рассматривая их не иначе как средства удовлетворения потребностей повседневной жизни. Представьте себе такого человека, перенесенного в эпоху, предшествовавшую изобретению этих хитроумных приспособлений, и представьте, что он серьезно берется за постижение их происхождения. Поначалу интеллектуальная мощь людей, способных творить такие чудеса, поразит его как невероятная или, если принять древнюю точку зрения, как божественная. Но его изумление значительно смягчается разочаровывающими, но проясняющими откровениями из истории первобытной культуры, которые в значительной степени доказывают, что эти изобретения возникали очень медленно и незаметно.

Небольшая ямка в земле с разведенным в ней огнем представляла собой примитивную печь. Мякоть дичи, завернутую в кожицу с водой, варили в контакте с нагретыми камнями.

Приготовление пищи на камнях также производилось в деревянных сосудах. Полые тыквы были защищены от огня слоем глины. Таким образом, из обожженной глины случайно получился обволакивающий горшок, который сделал тыкву ненужной, хотя в течение длительного времени после этого глину все еще намазывали на тыкву или прессовали в плетеные изделия, прежде чем искусство гончара приобрело свою окончательную независимость. Даже тогда был сохранен плетеный орнамент, как своего рода свидетельство о его происхождении.

Таким образом, мы видим, что именно случайные обстоятельства или такие, которые возникают без нашей цели, предвидения и силы, постепенно приводят человека к знакомству с улучшенными средствамиудовлетворения своих потребностей. Пусть читатель представит себе гениальность человека, который мог предвидеть без помощи случайностей, что из глины, обработанной обычным способом, получится полезная кухонная утварь! Большинство изобретений, сделанных на ранних стадиях цивилизации, включая язык, письменность, деньги и все остальное, не могли быть продуктом преднамеренного методического размышления по той простой причине, что никакого представления об их ценности и значительности нельзя было получить иначе, как из практического использования. На изобретение моста мог быть наводит ствол дерева, упавшего поперек горного потока; на изобретение инструмента - случайно попавший в руку камень для раскалывания орехов. Использование огня, вероятно, началось в регионах, где извержения вулканов, горячие источники и горящие струи природного газа давали возможность спокойно наблюдать за свойствами огня и применять их на практике. Только после того, как это было сделано, можно было оценить значение пожарной дрели - инструмента, который, вероятно, был обнаружен при просверливании отверстия в куске дерева. Предположение выдающегося исследователя о том, что изобретение пожарной дрели возникло по случаю религиозной церемонии, является одновременно фантастическим и невероятным. А что касается использования огня, то нам не следует пытаться вывести это из изобретения противопожарной дрели, так же как и из изобретения серных спичек. Несомненно, реальным был противоположный курс.[84]

Подобные явления, хотя и все еще в значительной степени покрытые мраком, отмечают первоначальный переход народов от охоты к кочевой жизни и к земледелию.[85] Мы не будем множить примеры, а ограничимся замечанием, что те же явления повторяются в исторические времена, в эпохи великих технических изобретений, и, далее, что относительно них были распространены самые причудливые представления — представления, которые приписывают случайности чрезмерно преувеличенную роль, что в психологическом отношении абсолютно невозможно. Предполагается, что наблюдение за паром, выходящим из чайника, и за дребезжанием крышки привело к изобретению паровой машины. Только подумайте о разрыве между этим зрелищем и представлением о выполнении огромной механической работы паром для человека, совершенно несведущего в паровой машине! Предположим, однако, что инженер, разбирающийся в практической конструкции насосов, случайно опустил бы в воду перевернутую бутылку, которая была наполнена паром для сушки и все еще сохраняла пар. Он видел, как вода яростно хлещет в бутылку, и очень естественно напрашивалась идея создать на основе этого опыта удобный и полезный атмосферный паровойнасос, который незаметно, как психологически возможный, так и непосредственный, затем претерпел бы естественную и постепенную трансформацию в паровую машину Уатта.

Но даже если допустить, что наиболее важные изобретения становятся известны человеку случайно и способами, которые находятся за пределами его предвидения, все же из этого не

следует, что одной только случайности достаточно для создания изобретения. Роль, которую играет человек, ни в коем случае не пассивна. Даже первый гончар в первобытном лесу, должно быть, почувствовал в себе какие-то проблески гениальности. Во всех таких случаях изобретатель обязан*принять к сведению* новый факт, он должен обнаружить и ухватить его преимущество и должен обладать способностью использовать это преимущество для реализации своей цели. Он должен *выделить* новую черту, запечатлеть ее в своей памяти, объединить и вплести в остальную часть своего мышления; короче говоря, он должен обладать способностью *извлекать пользу из опыта*.

Способность извлекать пользу из опыта вполне может быть установлена как проверка интеллекта. Эта способность значительно различается у людей одной и той же расы и чрезвычайно возрастает по мере того, как мы переходим отнизших животных к человеку. Первые в этом отношении почти полностью ограничены рефлекторными действиями, которые они унаследовали вместе со своим организмом, они почти полностью неспособны к индивидуальному опыту и, учитывая их простые потребности, едва ли нуждаются в нем. Улитка цвета слоновой кости (*Eburna spirata*) никогда не научится избегать плотоядной актинии, независимо от того, как часто она может вздрагивать под градом игл последней, очевидно, совершенно не помня боли.[86] Паука можно неоднократно выманивать из его норы, прикасаясь к его паутине камертоном. Мотылек снова и снова ныряет в пламя, которое его опалило. Колибри-бражник[87] то и дело бросается на нарисованные розами обои, словно несчастный и отчаявшийся мыслитель, который не устает биться над одной и той же неразрешимой химерической проблемой. Почти так же бесцельно, как молекулы газа Максвелла, и таким же неразумным образом обычные мухи в поисках света и воздушного потока бьются о стеклянное стекло полуоткрытого окна и остаются там из-за явной неспособности сориентироваться в узкой раме. Но щука, отделенная от пескарей в своем аквариуме стеклянной перегородкой, по прошествии нескольких месяцев узнает, хотя и только после того, как забьется до полусмерти, что она не может безнаказанно нападать на этих рыб. Более того, он оставляет их в покое даже после снятия перегородки, хотя сразу же бросается на чужую рыбу. Перелетным птицам следует приписать значительную память, память, которая, вероятно, из-за отсутствия тревожащих мыслей, действует с точностью некоторых идиотов. Наконец, восприимчивость к обучению, проявляемая высшими позвоночными, является неоспоримым доказательством способности этих животных извлекать пользу из опыта.

Сильно развитая *механическая* память, которая живо и верно вспоминает старые ситуации, достаточна для того, чтобы избежать определенных конкретных опасностей или воспользоваться определенными конкретными возможностями. Но для разработки *изобретений*требуется нечто большее. Здесь необходимы более разветвленные цепочки образов, возбуждение при взаимном контакте совершенно различных цепочек идей, более мощная, более разнообразная и более богатая связь содержаний памяти, более мощная и впечатлительная психическая жизнь, обостряющаяся при использовании. Человек стоит на берегу горного потока, который является для него серьезным препятствием. Он вспоминает, что уже пересекал точно такой поток раньше по стволу упавшего дерева. Рядом растут деревья. Он часто передвигал стволы поваленных деревьев. Он и раньше валил деревья, а затем передвигал их. Для повала деревьев он использовал острые камни. Он отправляется на поиски такого камня, и поскольку старые ситуации, которые теснятся в его памяти и удерживаются там в живой реальности благодаря определенному мощному интересу, который он испытывает к

тому, чтобы пересечь именно этот поток, — поскольку эти впечатления проходят перед его умом в*обратном порядке*, в котором они были вызваны здесь, - он изобретает мост.

Не может быть никаких сомнений в том, что высшие позвоночные в некоторой умеренной степени приспосабливают свои действия к обстоятельствам. Тот факт, что они не дают заметных свидетельств прогресса в результате накопления изобретений, удовлетворительно объясняется различием в степени или интенсивности интеллекта по сравнению с человеческим; предположение о своеобразном различии не является необходимым. Человек, который каждый день немного откладывает, пусть даже совсем немного, имеет неисчислимое преимущество перед тем, кто ежедневно растрачивает эту сумму или не в состоянии сохранить то, что он накопил. Небольшая количественная разница в таких вещах объясняет огромные различия в продвижении.

Правила, которые действовали в доисторические времена, также действительны и в исторические времена, и замечания, сделанные по поводу изобретения, могут быть практически без изменений применены к открытиям; ибо они отличаются друг от друга исключительно использованием, для которого используются новые знания. В обоих случаях исследователь имеет дело с некоторой *недавно наблюдаемой* связью новых или старых свойств, абстрактных или конкретных. Замечено, например, что вещество, которое дает химическую реакцию *A*, также является причиной химической реакции *B*. Если это наблюдение не преследует никакой цели, кроме как углубить понимание ученого или устранить источник интеллектуального дискомфорта, мы имеем открытие; но изобретение, если при использовании вещества, вызывающего реакцию *A*, для получения желаемой реакции *B*, мы преследуем практическую цель и стремимся устранить источник материального дискомфорта. Фраза "*раскрытие связи реакций"* достаточно широка, чтобы охватить открытия и изобретения во всех областях. Оно охватывает положение Пифагора, представляющее собой комбинацию геометрической и арифметической реакции, открытие Ньютоном связи движений Кеплера с законом обратных квадратов, так же точно, как и обнаружение какого-то незначительного, но подходящего изменения в конструкции инструмента или какого-то подходящего изменения в методах красильного производства.

Раскрытие новых областей фактов, ранее неизвестных, может быть вызвано только случайными обстоятельствами, при которых *отмечаются* факты, которые обычно остаются незамеченными. Достижение первооткрывателя здесь состоит в его *обостренном внимании*, которое обнаруживает необычные особенности явления и определяющие их условия по их наиболее мимолетным признакам,[88] и обнаруживает способы подвергнуть их точному и полному наблюдению. В эту рубрику входят первые открытия электрических и магнитных явлений, наблюдение Гримальди интерференции, открытие Араго повышенной помехи, испытываемой магнитной стрелкой, вибрирующей в медной оболочке, по сравнению с той, что наблюдается в картонной коробке, наблюдение Фуко стабильности плоскости колебаний стержня, случайно задетого при вращении на токарном станке, наблюдение Майера об усилении покраснения венозной крови в тропиках, наблюдение Кирхгофа об увеличении *D*-линии в солнечном спектре из-за включения натриевой лампы и другие. Открытие Шенбейном озона по фосфорному запаху, выделяемому при разряде воздуха электрическими искрами, и множество других. Все эти факты, многие из которых, несомненно, были*замечены* множество раз, прежде чем их *заметили*, являются примерами того, как случайные обстоятельства открывают важные открытия, и выставляют важность напряженного внимания в ярком свете.

Но не только сопутствующие обстоятельства, находящиеся за пределами предвидения следователя, играют значительную роль в начале расследования; их влияние также активно проявляется в судебном преследовании. Таким образом, Дюфэ, отслеживая поведение *одного* электрического состояния, которое он предположил, обнаруживает существование *двух*. Френель случайно узнает, что интерференционные полосы, полученные на матовом стекле, лучше видны на открытом воздухе. Явление дифракции двух щелей оказалось значительно отличным от того, что ожидал Фраунгофер, и изучение этого обстоятельства привело его к важному открытию спектров решетки. Феномен индукции Фарадея значительно отошел от первоначальной концепции, послужившей основой для его экспериментов, и именно это отклонение составляет его настоящее открытие.

Каждый человек размышлял на какую-нибудь тему. Каждый из нас может приумножить приведенные примеры менее выдающимися примерами из собственного опыта. Я приведу только один. Однажды, огибая изгиб железной дороги, я случайно обратил внимание на поразительный наклон домов и деревьев. Я предположил, что направление общего результирующего*физического* ускорения тела *физиологически* реагирует как вертикальное. Впоследствии, при попытке более тщательно исследовать это явление, и только это, в большой вращающейся машине, сопутствующие явления привели меня к ощущению углового ускорения, головокружению, экспериментам Флоурена с разрезом полукруглых каналов и т.д., Из которых постепенно возникли взгляды, касающиеся ощущений направления, которых также придерживаются Брейер и Браун, которые сначала оспаривались всеми, но теперь многими сторонами считаются правильными, и которые недавно были дополнены интересными исследованиями Брейера относительно*желтого пятна*, и Эксперименты Крейделя с магнитоориентируемыми ракообразными.[89] Не игнорирование случайности, а прямое и целенаправленное ее использование продвигает исследования.

Чем сильнее психическая связь образов памяти — а она варьируется в зависимости от личности и настроения, — тем более вероятно, что одно и то же случайное наблюдение приведет к продуктивным результатам. Галилей знает, что воздух имеет вес; он также знает о "сопротивлении вакууму", выражающемся как в весе, так и в высоте водяного столба. Но эти две идеи разделялись в его сознании. Торричелли оставалось варьировать удельный вес жидкости, измеряя давление, и только после этого воздух был включен в список жидкостей, оказывающих давление. Изменение линий спектра неоднократно наблюдалось до Кирхгофа и было механически объяснено. Но его проницательному зрению было предоставлено различить свидетельства связи этого явления с вопросами теплоты, и только ему одному благодаря упорному труду открылось огромное значение этого факта для подвижного равновесия теплоты. Предположим, таким образом, что такая богатая органическая связь элементов памяти существует и является главным отличительным признаком исследователя, следующим по важности, безусловно, является тот*интенсивный интерес* к определенному объекту, к определенной идее, который формирует выгодные комбинации мыслей из элементов, прежде разрозненных, и навязывает эту идею каждому сделанному наблюдению и каждой сформированной мысли, заставляя ее вступать в связь со всеми вещами. Таким образом, Брэдли, глубоко увлеченного темой аберрации, подводит к ее решению чрезвычайно ненавязчивый опыт переправы через Темзу. Поэтому допустимо спросить, случайность ли приводит первооткрывателя или случайность первооткрывателя приводит к успешному результату в научных поисках.

Ни один человек не должен мечтать о решении великой проблемы, если он не будет настолько поглощен своим предметом, что все остальное отойдет на второй план. Однажды во время поспешной встречи с Майером в Гейдельберге Джолли заметил, с довольно сомнительным подтекстом, что, если теория Майера верна, воду можно согреть встряхиванием. Майер ушел, не сказав ни слова в ответ. Несколько недель спустя, и теперь уже неузнанный Джолли, он ворвался к последнему, восклицая: "Es ischt aso!" (Это так, это так!) Только после обстоятельных объяснений Джолли узнал, что хотел сказать Майер. Инцидент не нуждается в комментариях.[90]

Человек, омертвевший к чувственным впечатлениям и отдавшийся исключительно преследованию собственных мыслей, также может загораться идеей, которая направит его умственную деятельность в совершенно новое русло. В таких случаях это психический несчастный случай, интеллектуальный опыт, в отличие от физического несчастного случая, которому человек обязан своим открытием — открытием, которое здесь делается "дедуктивно" с помощью ментальных копий мира, а не экспериментально. Более того,*чисто* экспериментального исследования не существует, поскольку, как говорит Гаусс, практически мы всегда экспериментируем со своими мыслями. И именно этот постоянный, корректирующий обмен или тесный союз эксперимента и дедукции, который культивировался Галилеем в его *Диалогах* и Ньютоном в его *Оптике*, является основой благотворной плодотворности современного научного исследования в отличие от античного, где наблюдение и рефлексия часто следовали своим чередам, как два незнакомца.

Мы должны ждать появления благоприятного физического случая. Движение наших мыслей подчиняется закону ассоциации. В случае скудного опыта результатом действия этого закона является просто механическое воспроизведение определенных чувственных переживаний. С другой стороны, если психическая жизнь подвергается непрерывным влияниям мощного и богатого опыта, тогда каждый репрезентативный элемент в уме связан со столькими другими, что фактический и естественный ход мыслей легко подвергается влиянию и определяется незначительными обстоятельствами, которые случайно оказываются решающими. Вслед за этим процесс, называемый воображением, порождает его многообразные формы. Что мы можем сделать, чтобы направлять этот процесс, учитывая, что закон сочетания образов недоступен для нас? Скорее давайте спросим, какое влияние может оказать мощная и постоянно повторяющаяся идея на движение наших мыслей? Согласно тому, что предшествовало, ответ содержится в самом вопросе.*Идея* доминирует в мышлении вопрошающего, а не последнее над первым.

Давайте теперь посмотрим, сможем ли мы глубже проникнуть в процесс открытия. Состояние первооткрывателя, как метко заметил Джеймс, мало чем отличается от положения человека, который пытается вспомнить что-то, что он забыл. Оба ощущают пробел и лишь отдаленно предчувствуют, чего им не хватает. Предположим, я встречаю в компании хорошо известного и приветливого джентльмена, имя которого я забыла и который, к моему ужасу, просит, чтобы его с кем-нибудь представили. Я приступаю к работе в соответствии с правилом Лихтенберга и пробегаюсь по алфавиту в поисках начальной буквы его имени. Смутное сочувствие охватывает меня при упоминании буквы*G*. Я добавляю вторую букву и останавливаюсь на *e*, и задолго до того, как я пробую третью букву *r*, имя "Джерсон" звучно звучит у меня в ушах, и моя тоска проходит. Во время прогулки я встречаю джентльмена, от которого получаю сообщение. По возвращении домой и при занятии более важными делами этот вопрос вылетает у меня из

головы. Угрюмо, но тщетно, я роюсь в своей памяти. Наконец я замечаю, что снова возвращаюсь к своей прогулке в раздумьях. На углу улицы, о котором идет речь, тот же самый джентльмен стоит передо мной и повторяет свое сообщение. В этом процессе последовательно вспоминаются в сознании все восприятия, которые были связаны с тем восприятием, которое было утрачено, и вместе с ними, наконец, выявляется и это. В первом случае — когда опыт уже был приобретен и надолго запечатлелся в наших мыслях — *систематическая* процедура возможна и легка, поскольку мы знаем, что имя должно состоять из ограниченного числа звуков. Но в то же время следует отметить, что труд, связанный с такой комбинаторной задачей, был бы огромным, если бы имя было длинным, а отзывчивость ума более слабой.

Часто говорят, и не совсем безосновательно, что ученый разгадал *загадку*. Каждая задача в геометрии может быть облечена в форму*загадки*. Итак: "Что это за *M* которое обладает свойствами *A*, *B*, *C*?" "Что это за окружность, которая касается прямых *A*, *B*, но касается *B* в точке *C*?" Первые два условия выстраивают перед воображением группу окружностей, центры которых лежат на линии симметрии *A*, *B*. Третье условие напоминает нам о всех окружностях, центры которых находятся на прямой, которая проходит под прямым углом к *B* в *C*.*Общий* термин или общие термины двух групп изображений разрешают загадку - удовлетворяют задаче. Головоломки, связанные с вещами или словами, вызывают аналогичные процессы, но память в таких случаях задействуется во многих направлениях и исследуются более разнообразные и менее четко упорядоченные области идей. Разница между ситуацией геометра, которому нужно построить конструкцию, и ситуацией инженера или ученого, столкнувшегося с проблемой, заключается просто в том, что первый работает в области, с которой он досконально знаком, тогда как двое последних вынуждены знакомиться с этой областью впоследствии, и в мере, намного превосходящей то, что обычно требуется. В этом процессе инженер-механик, по крайней мере, всегда имеет перед собой определенную цель и определенные средства для достижения своей цели, в то время как в случае с ученым эта цель во многих случаях представлена лишь в расплывчатых и общих чертах. Часто сама формулировка загадки зависит от него. Часто только после достижения цели достигается более широкий кругозор, необходимый для систематической процедуры. Таким образом, гораздо большая часть его успеха зависит от удачи и инстинкта. С точки зрения его характера несущественно, быстро ли завершается рассматриваемый процесс в мозгу одного человека или же он растягивается на столетия в умах длинной череды мыслителей. То же самое отношение, которое слово, разрешающее загадку, имеет к этой загадке, имеет современная концепция света к фактам, открытым Гримальди, Ремером, Гюйгенсом, Ньютоном, Юнгом, Малусом и Френелем, и только с помощью этой медленно развивающейся концепции наше ментальное видение способно охватить широкую область рассматриваемых фактов.

Приятное дополнение к открытиям, сделанным историей цивилизации и сравнительной психологией, можно найти в признаниях великих ученых и художников. Мы могли бы сказать, что ученые*и* художники, поскольку Либих смело заявил, что между ними нет существенной разницы. Должны ли мы рассматривать Леонардо да Винчи как ученого или как художника? Если художник строит свою работу из нескольких мотивов, ученый обнаруживает мотивы, которые пронизывают реальность. Если ученые, подобные Лагранжу или Фурье, в определенной степени являются художниками в представлении своих результатов, то, с другой стороны, художники, подобные Шекспиру или Рейсдалю, являются учеными в озарении, которое, должно быть, предшествовало их творениям.

Ньютон, когда его спросили о методах его работы, не смог дать другого ответа, кроме того, что он имел обыкновение снова и снова размышлять над одним и тем же предметом; и подобные высказывания приписываются Д'Аламберу и Гельмгольцу. И ученые, и художники рекомендуют упорный труд. После того, как повторный осмотр поля предоставил возможность для вмешательства благоприятных случайностей, сделал более яркими все черты, соответствующие настроению или доминирующей мысли, и постепенно отодвинул на задний план все неуместное, сделав невозможным их появление в будущем; тогда из бурлящего сонма фантазий, которые вызывает свободное и возвышенное воображение, внезапно на свет возникает та конкретная форма, которая идеально гармонирует с господствующей идеей, настроением или замыслом. Тогда то, что возникло медленно, в результате постепенного отбора, выглядит так, как если бы оно было результатом преднамеренного акта творения. Так следует объяснить утверждения Ньютона, Моцарта, Рихарда Вагнера и других, когда они говорят, что мысли, мелодии и созвучия лились на них сами собой и что они просто сохранили правильные. Несомненно, гениальный человек тоже, сознательно или инстинктивно, применяет систематические методы везде, где это возможно; но в своем тонком предчувствии он пропустит многие задачи или откажется от них после поспешного испытания, на которое менее одаренный человек растратил бы свою энергию понапрасну. Таким образом, гений совершает[91] за короткий промежуток времени начинания, для которых жизни обычного человека было бы далеко не достаточно. Мы вряд ли собьемся с пути, если будем рассматривать гениальность лишь как небольшое отклонение от средней умственной одаренности — как просто обладание большей чувствительностью мозговых реакций и большей быстротой реагирования. Люди, которые, повинуясь своим внутренним импульсам, идут на жертвы ради идеи вместо того, чтобы повышать свое материальное благосостояние, могут показаться чистокровному обывателю глупцами; и все же мы вряд ли примем точку зрения Ломброзо о том, что гениальность следует рассматривать как болезнь, хотя, к сожалению, верно, что чувствительный мозг и хрупкое телосложение легче всего поддаются болезни.

Замечание К. Г. Дж. Якоби о том, что математика развивается медленно и достигает истины только долгими и окольными путями, что путь к ее открытию должен быть подготовлен задолго до этого, и что тогда истина проявится с большим опозданием, как будто побуждаемая какой-то божественной необходимостью[92]— все это справедливо для любой науки. Мы часто с изумлением отмечаем, что потребовался совместный труд многих выдающихся мыслителей на протяжении целого столетия, чтобы достичь истины, на овладение которой нам требуется всего несколько часов и которую, будучи однажды усвоенной, кажется чрезвычайно легкой достичь при соответствующих обстоятельствах. К нашему унижению, мы узнаем, что даже величайшие люди рождаются больше для жизни, чем для науки. Степень, в которой даже они обязаны случайности — тому странному слиянию физической и психической жизни, в котором непрерывная, но все же несовершенная и нескончаемая адаптация последней к первой находит свое отчетливое выражение, — вот что было предметом наших сегодняшних замечаний. Поэтическая мысль Якоби о божественной необходимости, действующей в науке, нисколько не утратит для нас своей возвышенности, если мы обнаружим в этой необходимости ту же силу, которая уничтожает непригодных и поощряет подходящих. Ибо истина и реальность выше, благороднее и романтичнее поэзии.

ОБ ОЩУЩЕНИЯХ ОРИЕНТАЦИИ.[93]

Благодаря сотрудничеству ряда исследователей, среди которых особенно следует упомянуть Гольца из Страсбурга и Брейера из Вены, за последние двадцать пять лет были достигнуты значительные успехи в наших знаниях о средствах, с помощью которых мы определяем свое положение в пространстве и направление нашего движения, или ориентируемся, как говорится. Я предполагаю, что вы уже знакомы с физиологической частью процессов, с которыми связаны наши ощущения движения, или, более широко говоря, наши ощущения ориентации. Здесь я более подробно рассмотрю физическую сторону вопроса. Фактически, первоначально я был приведен к рассмотрению этих вопросов наблюдением чрезвычайно простых и совершенно известных физических фактов, еще до того, как я сколь-нибудь хорошо познакомился с физиологией, и во время непредвзятого следования своим естественным мыслям; и я убежден, что путь, которым я следовал и который полностью свободен от гипотез, будет, если вы будете следовать моему изложению, самым легким для большинства из вас.

Ни один здравомыслящий человек никогда бы не усомнился в том, что для приведения тела в движение в заданном направлении требуется давление или сила и что для внезапной остановки движущегося тела требуется противоположное давление. Хотя закон инерции был впервые сформулирован с сколько-нибудь подобной точностью Галилеем, факты, лежащие в его основе, были известны задолго до этого людям такого склада, как Леонардо да Винчи, Рабле и другим, и были проиллюстрированы ими соответствующими экспериментами. Леонардо знал, что быстрым ударом линейки можно выбить из вертикального ряда шашек одну шашку, не опрокидывая столб. Эксперимент с монетой, лежащей на куске картона, прикрывающем кубок, который падает в кубок, когда картон отрывают, как и все эксперименты подобного рода, безусловно, очень стар.

У Галилея опыт, о котором идет речь, приобретает большую ясность и силу. В знаменитом диалоге о системе Коперника, который стоил ему свободы, он объясняет приливы и отливы внелицеприятной, хотя в принципе правильной манере, используя аналог тарелки с водой, которую качают взад-вперед. В противовес аристотелианцам своего времени, которые верили, что падение тяжелого тела может быть ускорено наложением другого тяжелого тела, он утверждал, что тело никогда не может быть ускорено лежащим на нем телом, если только первое каким-либо образом не препятствует падению наложенного тела. Пытаться прижать падающее тело с помощью другого, поставленного на него, так же бессмысленно, как пытаться проткнуть человека копьем, когда человек убегает от него с той же скоростью, что и копье. Даже этот небольшой экскурс в физику может многое объяснить нам. Вы знаете особое ощущение, которое испытываешь при падении, как при прыжке с высокого трамплина в воду, и которое также в некоторой степени испытываешь в начале спуска на лифтах и качелях. Взаимное гравитационное давление различных частей нашего тела, которое, безусловно, каким-то образом ощущается, исчезает при свободном спуске или, в случае лифта, уменьшается в начале спуска. Подобное ощущение возникло бы, если бы мы внезапно перенеслись на Луну, где ускорение свободного падения намного меньше, чем на земле. К этим соображениям меня привело в 1866 году предположение физика, и, приняв также во внимание изменения кровяного давления в рассматриваемых случаях, я обнаружил, что, сам того не зная, совпадаю с Волластоном и Пуркинье. Первый еще в 1810 году в своей лекции Круна затронул тему морской болезни и объяснил ее изменениями кровяного давления, а позже положил аналогичные соображения в основу своего объяснения головокружения (1820-1826).[94]

Ньютон был первым, кто с совершенной общностью сформулировал, что тело может изменять скорость и направление своего движения только под действием силы или действия второго тела. Следствием этого закона, который впервые был четко выведен Эйлером, является то, что тело никогда нельзя заставить *вращаться* или заставить прекратить вращение само по себе, но только с помощью сил и других тел. Например, поверните открытые часы, которые свободно ходили взад-вперед в вашей руке. Балансирное колесо не будет полностью улавливать быстрые вращения, оно даже не реагирует в полной мере на силу упругости пружины, которая оказывается слишком слабой, чтобы полностью удерживать колесо вместе с собой.

Давайте теперь рассмотрим, что независимо от того, передвигаемся ли мы сами с помощью своих ног, или нас перемещает транспортное средство или лодка, сначала непосредственно перемещается только часть нашего тела, а остальная его часть впоследствии приводится в движение первой частью. Мы видим, что при этом действии между частями тела всегда возникают давления, натяжения и напряженности, которые вызывают ощущения, благодаря которым становятся заметными поступательные или вращательные движения, которыми мы занимаемся.[95] Но вполне естественно, что на столь знакомые ощущения следует обращать мало внимания и что внимание на них следует привлекать только при особых обстоятельствах, когда они возникают неожиданно или с необычной силой.

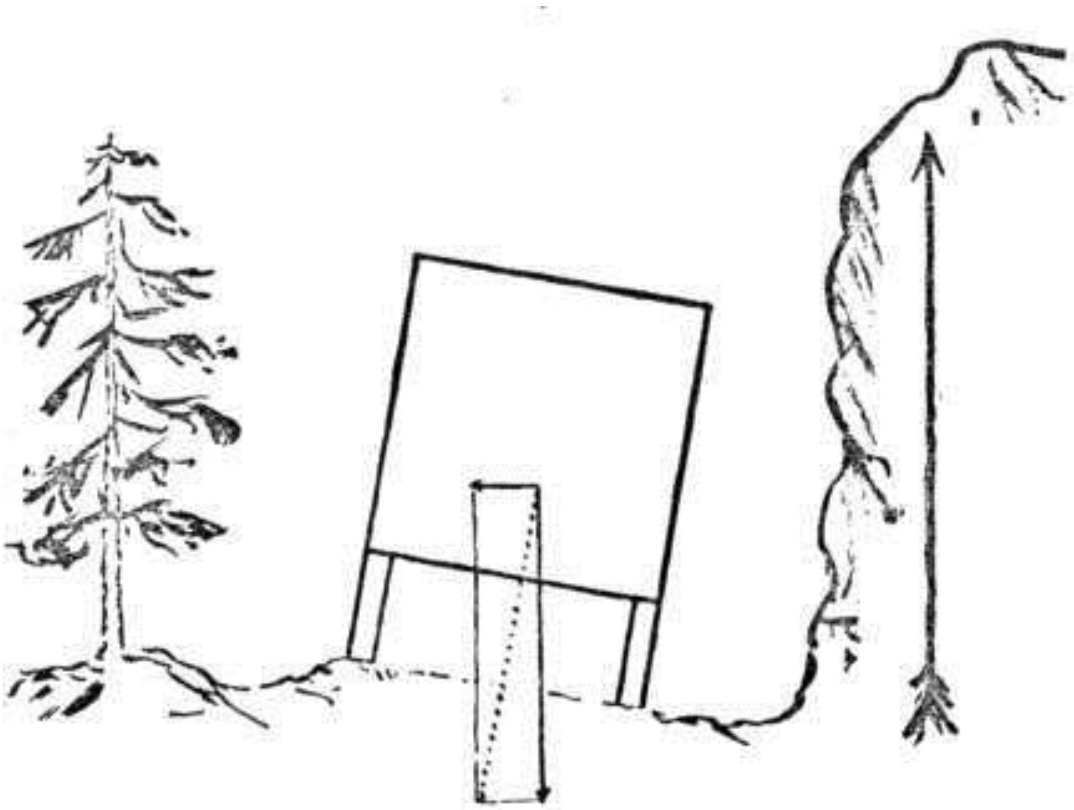


Рис. 45.

Таким образом, мое внимание было привлечено к этому моменту ощущением падения, а затем другим необычным событием. Однажды я проезжал крутой поворот железной дороги, когда внезапно увидел, что все деревья, дома и заводские трубы вдоль пути отклонились от вертикали и приняли поразительно наклонное положение. То, что до сих пор казалось мне совершенно

естественным, а именно тот факт, что мы так совершенно и резко отличаем вертикаль от любого другого направления, теперь показалось мне загадочным. Почему одно и то же направление может казаться мне вертикальным, а теперь не может? Чем для нас отличается вертикаль? (Сравните рисунок 45.)

Рельсы приподняты с выпуклой или внешней стороны пути для обеспечения устойчивости вагона к действию центробежной силы, при этом все устроено таким образом, что сочетание силы тяжести с центробежной силой поезда должно создавать силу, перпендикулярную плоскости рельсов.

Предположим теперь, что при любых обстоятельствах мы каким-то образом ощущаем направление общего результирующего ускорения массы, где бы оно ни возникало, как вертикальное. Тогда и обычные, и экстраординарные явления будут одинаково понятны.[96]

Теперь я желал подвергнуть сложившуюся у меня точку зрения более удобной и точной проверке, чем это было возможно в поездке по железной дороге, где человек не имеет контроля над определяющими обстоятельствами и не может изменить их по своему желанию. Соответственно, я сконструировал простое устройство, которое представлено на рисунке 46.

В большой раме *BB*, которая крепится к стенам, вращается вокруг вертикальной оси *AA* вторая рама *RR*, а внутри последней третья рама *rr*, которая может быть установлена на любом расстоянии и в любом положении от оси, выполнена стационарной или подвижной и снабжена креслом для наблюдателя.

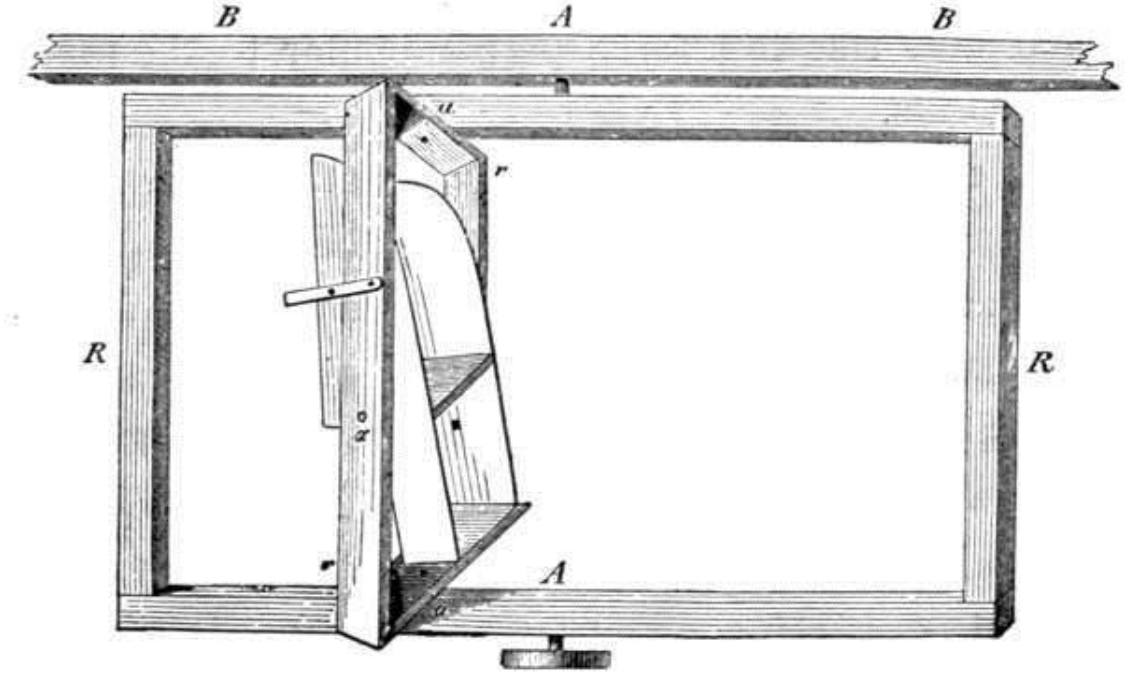


Рис. 46.

From Mach's *Bewegungsempfindungen*, Leipsic, Engelmann, 1875.]

Наблюдатель занимает свое место в кресле и во избежание нарушения суждений заключен в бумажную коробку. Если затем установить наблюдателю вместе с системой*rr* равномерное вращение, он почувствует и увидит начало вращения как по направлению, так и по величине

очень отчетливо, хотя отсутствуют все внешние видимые или осязаемые точки отсчета. Если движение будет продолжаться равномерно, ощущение вращения постепенно полностью прекратится, и наблюдатель вообразит себя находящимся в покое. Но если *rr* поместить вне оси вращения, то сразу же после начала вращения создается поразительно заметный, ощутимый, фактически видимый наклон всей бумажной коробки, незначительный, когда вращение медленное, сильный, когда вращение быстрое, и продолжающийся до тех пор, пока длится вращение. Наблюдателю абсолютно невозможно избежать восприятия этой склонности, хотя и здесь отсутствуют все внешние точки отсчета. Если наблюдатель, например, сядет так, чтобы смотреть в сторону оси, он почувствует, что ящик сильно опрокинут назад, как это обязательно должно быть, если направление суммарной результирующей силы воспринимается как вертикальное. Для других позиций наблюдателя ситуация аналогична.[97]

Однажды, выполняя один из таких экспериментов и вращаясь так долго, что я больше не осознавал движения, я внезапно остановил аппарат, после чего я немедленно почувствовал и увидел себя со всей коробкой, быстро вращающейся в противоположном направлении, хотя я знал, что весь аппарат находился в состоянии покоя и отсутствовали все внешние точки отсчета для восприятия движения. Каждый, кто не верит в ощущения движения, должен быть ознакомлен с этими явлениями. Если бы Ньютон знал их и если бы он когда-нибудь наблюдал, как мы на самом деле можем воображать себя повернутыми и перемещенными в пространстве без помощи неподвижных тел в качестве точек отсчета, он, несомненно, более чем когда-либо утвердился бы в своих неудачных предположениях относительно абсолютного пространства.

Ощущение вращения в противоположном направлении после остановки аппарата медленно и постепенно проходит. Но при случайном наклоне моей головы один раз во время этого происшествия было также замечено, что ось кажущегося вращения наклонилась точно таким же образом как по направлению, так и по величине. Соответственно, ясно, что ощущается ускорение или замедление вращения. Ускорение действует как стимул. Однако ощущение, как и почти все ощущения, хотя оно постепенно уменьшается, длится заметно дольше, чем стимул. Отсюда продолжительное кажущееся вращение после остановки аппарата. Однако орган, вызывающий постоянство этого ощущения, должен располагаться в*голове*, поскольку в противном случае ось кажущегося вращения не могла бы совершать того же движения, что и голова.

Если бы я сказал сейчас, что при этих последних наблюдениях на меня снизошел свет, выражение было бы неубедительным. Я должен был бы сказать, что я испытал совершенное озарение. Со мной случился мой юношеский опыт головокружения. Я вспомнил эксперименты Флуранса относительно сечения полукруглых каналов лабиринтов голубей и кроликов, где этот исследователь наблюдал явления, похожие на головокружение, но которые он предпочел интерпретировать, исходя из своего пристрастия к акустической теории лабиринта, как выражение болезненных слуховых нарушений. Я увидел, что Гольц почти, но не совсем попал в яблочко со своей теорией полукруглых каналов. Этот исследователь, который благодаря своей счастливой привычке следовать своим собственным естественным мыслям, не считаясь с традициями, так много прояснил в науке, еще в 1870 году высказался на основании экспериментов следующим образом: "Неясно, являются ли полукруглые каналы органами слуха или нет. В любом случае они образуют аппарат, который служит для сохранения равновесия. Они, так сказать, являются органами чувств равновесия головы и косвенно всего тела". Я вспомнил гальваническое головокружение, которое наблюдали Риттер и Пуркинье при

прохождении тока через голову, когда люди, над которыми проводились эксперименты, воображали, что они падают к катоду. Эксперимент был немедленно повторен, и некоторое время спустя (1874 г.) я получил возможность объективно продемонстрировать то же самое на рыбах, которые, как по команде, расположились боком в одном направлении в поле течения.[98] Доктрина Мюллера об особых энергиях, как мне теперь показалось, объединяет все эти новые и старые наблюдения в простое, связанное единство.

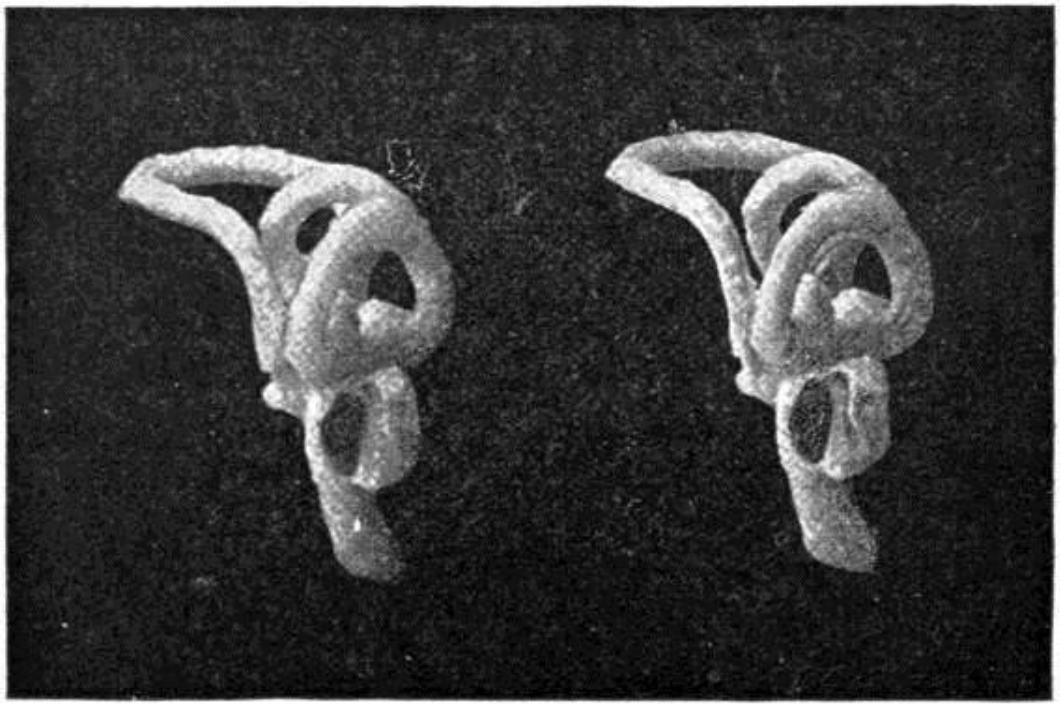


Рис. 47.

Лабиринт голубя (стереоскопически воспроизведен), из Р. Эвальда, *Nervus Octavus*, Висбаден, Бергман, 1892.]

Давайте представим себе ушной лабиринт с его тремя полукруглыми каналами, расположенными в трех взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 47), загадочное положение которого исследователи пытались объяснить всеми возможными и невозможными способами. Давайте представим себе нервы ампул или расширенные продолжения полукруглых каналов, снабженные способностью реагировать на любой мыслимый стимул ощущением вращения, точно так же, как нервы сетчатки глаза при возбуждении давлением, электрическими или химическими раздражителями всегда реагируют ощущением света; давайте представим себе далее, что обычное возбуждение ампульных нервов вызывается инерцией содержимого полукруглых каналов, содержимое которых при соответствующих вращениях в плоскости полукруглого канала остается позади при движении, или что нервы сетчатки глаза, возбуждаемые давлением, электрическими или химическими раздражителями, всегда реагируют ощущением света. по крайней мере, имейте тенденцию оставаться позади и, следовательно, оказывать давление. Будет видно, что при таком предположении все единичные факты, которые без теории предстают как множество различных индивидуальных явлений, становятся с этой единственной точки зрения ясными и умопостигаемыми.

Я испытал удовлетворение сразу после сообщения, в котором я изложил эту идею,[99] появления статьи Брейера[100] в которой этот автор совершенно иными методами пришел к результатам, которые по всем существенным пунктам согласуются с моими собственный. Несколькими неделями позже появились исследования Крама Брауна из Эдинбурга, чьи методы были еще ближе моим. Статья Брейера была намного богаче в физиологическом отношении, чем моя, и он особенно подробно изучил побочные эффекты рефлекторных движений и ориентации глаз в рассматриваемых явлениях.[101] Кроме того, определенные эксперименты, которые я предложил в своей статье в качестве проверки правильности рассматриваемой точки зрения, уже были выполнены Брейером. Брейер также оказал услуги высочайшего порядка в дальнейшей разработке этой области. Но в физическом отношении моя статья была, конечно, более полной.

Чтобы наглядно представить поведение полукруглых каналов, я сконструировал здесь небольшой аппарат. (См. рис. 48.) Большой вращающийся диск представляет костный полукруглый канал, который является непрерывным с костями головы; маленький диск, который может свободно вращаться вокруг оси первого, представляет подвижное и частично жидкое содержимое полукруглого канала. При вращении большого диска маленький диск, как вы видите, остается позади. Мне приходится поворачивать некоторое время, прежде чем маленький диск за счет трения соприкоснется с большим. Но если я сейчас остановлю большой диск, маленький диск, как вы видите, продолжит вращаться.

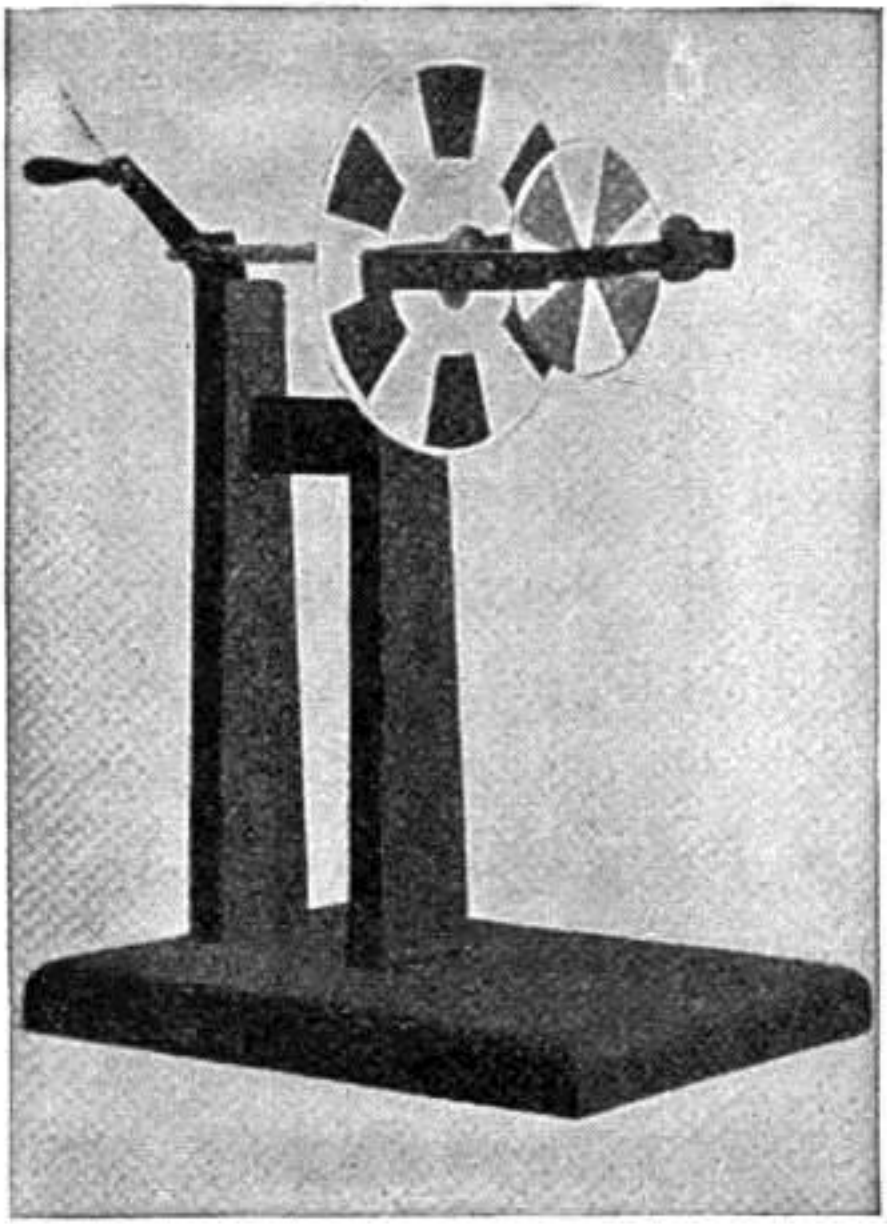


Рис. 48.

Модель, представляющая действие полукруглых каналов.]

Теперь просто предположите, что вращение маленького диска, скажем, в направлении стрелок часов, вызовет ощущение вращения в противоположном направлении и наоборот, и вы уже понимаете значительную часть изложенных выше фактов. Объяснение остается в силе, даже если маленький диск не совершает заметных вращений, а удерживается устройством, подобным упругой пружине, натяжение которого отключает ощущение. Представьте себе теперь три таких приспособления с их взаимно перпендикулярными плоскостями вращения, соединенные вместе так, чтобы образовать единый аппарат; тогда этому устройству в целом нельзя придать никакого вращения без указания на это маленьких подвижных дисков или прикрепленных к ним пружин. Представьте себе, что и правое, и левое ухо снабжено таким

устройством, и вы обнаружите, что оно отвечает всем назначениям полукруглых каналов, которые, как вы видите, стереоскопически изображены на рис. 47 для уха голубя.

Из множества экспериментов, которые я провел лично, и результаты которых могли быть предсказаны с помощью нового взгляда в соответствии с поведением модели и, следовательно, в соответствии с правилами механики, я приведу только один. Я прикрепляю горизонтальную доску к раме*RR* моего вращательного аппарата, ложусь на нее правым ухом на доску и заставляю аппарат равномерно вращаться. Как только я перестаю ощущать вращение, я поворачиваюсь на левое ухо, и сразу же ощущение вращения снова возникает с заметной яркостью. Эксперимент можно повторять так часто, как пожелаешь. Даже легкого поворота головы достаточно для восстановления ощущения вращения, которое в совершенно неподвижном состоянии сразу же полностью исчезает.

Мы имитируем эксперимент на модели. Я поворачиваю большой диск до тех пор, пока, наконец, не перемещаю маленький диск вместе с ним. Если теперь, пока вращение продолжается равномерно, я сожгу немного нити, которую вы видите здесь, маленький диск будет повернут пружиной в свою плоскость на 180 °, чтобы теперь показать вам свою противоположную сторону, когда вращение сразу же начнется в противоположном направлении.

Следовательно, у нас есть очень простое средство для определения того, действительно ли человек является объектом равномерных и незаметных вращений. Если бы земля вращалась гораздо быстрее, чем это происходит на самом деле, или если бы наши полукруглые каналы были гораздо более чувствительными, Нансен, спящий на Северном полюсе, просыпался бы от ощущения вращения каждый раз, когда переворачивался. Эксперимент Фуко с маятником как демонстрация вращения земли был бы излишним при таких обстоятельствах. Единственная причина, по которой мы не можем доказать вращение Земли с помощью нашей модели, заключается в малой угловой скорости Земли и, как следствие, в большой вероятности экспериментальных ошибок.[102]

Аристотель сказал, что "Сладчайшая из всех вещей - это знание". И он прав. Но если бы вы предположили, что*публикация* нового взгляда принесла бы безграничную радость, вы бы сильно ошиблись. Никто не может безнаказанно беспокоить своих собратьев новыми взглядами. Этот факт также не должен становиться предметом порицания для этих собратьев. Предполагать революционизировать нынешний образ мышления в отношении какого-либо вопроса - задача не из приятных и, прежде всего, нелегкая. Те, кто развивает новые взгляды, лучше всех знают, какие серьезные трудности стоят у них на пути. С честным и достойным похвалы рвением люди берутся за работу в поисках всего, что их не устраивает. Они стремятся выяснить, не могут ли они объяснить факты лучше, или так же хорошо, или приблизительно так же хорошо, с помощью традиционных взглядов. И это тоже оправдано. Но иногда мы слышим какие-то чрезвычайно бесхитростные анимадверсии, которые почти ставят нас в тупик. "Если шестое чувство существовало, оно не могло не быть открыто тысячи лет назад". Действительно, было время, когда могло существовать только семь планет! Но я не верю, что кто-либо будет придавать какое-либо значение филологическому вопросу, следует ли называть совокупность явлений, которые мы рассматривали, смыслом. Явления не исчезнут, когда исчезнет название. Далее мне сказали, что существуют животные, у которых нет лабиринта, но которые все же могут ориентироваться, и что, следовательно, лабиринт не имеет ничего общего с ориентацией. Мы не ходим просто так, используя свои ноги, потому что змеи передвигаются без них!

Но если пропагандист новой идеи не может надеяться на какое-либо большое удовольствие от ее публикации, тем не менее критический процесс, которому подвергаются его взгляды, чрезвычайно полезен для их понимания. Все дефекты, которые обязательно соответствуют новому взгляду, постепенно обнаруживаются и устраняются. Завышенная оценка и преувеличение уступают место более трезвым оценкам. И вот так получилось, что было признано недопустимым приписывать все функции ориентирования исключительно лабиринту. В этой ответственной работе Делаж, Обер, Брейер, Эвальд и другие оказали выдающиеся услуги. Также не может не случиться, что в ходе этого процесса станут известны новые факты, которые могли бы быть предсказаны новой точкой зрения, которые на самом деле были частично предсказаны и которые, следовательно, обеспечивают поддержку новой точки зрения. Брейеру и Эвальду удалось электрически и механически возбудить лабиринт и даже отдельные части лабиринта и, таким образом, вызвать движения, характерные для таких стимулов. Было показано, что при отсутствии полукруглых каналов головокружение не могло возникнуть, при удалении всего лабиринта ориентация головы была уже невозможна, что без лабиринта гальваническое головокружение вызвать было невозможно. Я сам сконструировал еще в 1875 году прибор для наблюдения за вращающимися животными, который впоследствии был изобретен заново в различных формах и с тех пор получил название "циклостат".[103] В экспериментах с самыми разнообразными видами животных было показано, что, например, личинки лягушек не подвержены головокружению до тех пор, пока у них не разовьются полукруглые каналы, которых вначале не хватает (К. Шефер). Большой процент глухонемых страдает серьезными заболеваниями, связанными с лабиринтом. Американский психолог Уильям Джеймс проводил эксперименты с кружением со многими глухонемыми испытуемыми и у большого числа из них обнаружил недостаточную предрасположенность к головокружению. Он также обнаружил, что многие глухонемые люди, погружаясь под воду, в результате чего они теряют свой вес и, следовательно, больше не имеют полной поддержки своих мускульных органов чувств, полностью теряют ощущение положения в пространстве, не знают, где верх, а где низ, и приходят в величайший ужас — результаты, которые не наблюдаются у нормальных людей. Такие факты являются убедительным доказательством того, что мы ориентируемся не только с помощью лабиринта, каким бы важным он ни был для нас. Доктор Крейдл провел эксперименты, аналогичные экспериментам Джеймса, и обнаружил, что у глухонемых людей не только отсутствует головокружение при кружении, но и отсутствуют рефлекторные движения глаз, которые обычно вызываются лабиринтом. Наконец, доктор Поллак обнаружил, что гальваническое головокружение отсутствует у большого процента глухонемых. Не наблюдалось ни резких движений, ни равномерных движений глаз, которые наблюдаются у нормальных людей в эксперименте Риттера и Пуркинье.

После того, как физик пришел к идее, что полукруглые каналы являются органом ощущения вращения или углового ускорения, он вынужден обратиться к органам, которые опосредуют ощущение ускорения, наблюдаемое при поступательных движениях. При поиске органа для выполнения этой функции он, конечно, не склонен выбирать тот, который не имеет никакого анатомического и пространственного отношения к полукруглым каналам. И вдобавок необходимо взвесить физиологические соображения. Однажды отброшенное предвзятое мнение о том, что*весь* лабиринт является слуховым по своей функции, остается после того, как улитка зарезервирована для ощущений тона, а полукруглые каналы - для ощущения углового ускорения, преддверие - для выполнения дополнительных функций. Преддверие, особенно та его часть, которая известна как мешочек, показалась мне, благодаря содержащимся в нем так

называемым отолитам, в высшей степени приспособленной для того, чтобы быть органом ощущения ускорения движения вперед или положения головы. В этом предположении я снова полностью совпал с Брейером.

Достаточным доказательством того, что ощущение положения, направления и величины ускорения массы существует, является наш опыт эксплуатации лифтов, а также передвижения по криволинейным траекториям. Я также пытался создавать и уничтожать внезапно увеличивающиеся скорости движения вперед с помощью различных приспособлений, из которых я упомяну здесь только одно. Если, находясь в бумажной коробке моего большого вращающегося устройства на некотором расстоянии от оси, мое тело находится в равномерном вращении, которого я больше не ощущаю, и затем я ослабляю соединения рамы*rr* с *R*, делая первую подвижной, и затем я внезапно останавливаю большую раму, мое поступательное движение резко затруднено, в то время как рама *rr* продолжает вращаться. Теперь я представляю, что несусь по прямой в направлении, противоположном направлению проверенного движения. К сожалению, по многим причинам невозможно убедительно доказать, что рассматриваемый орган находится в голове. По мнению Делажа, лабиринт не имеет ничего общего с этим особым ощущением движения. Брейер, с другой стороны, придерживается мнения, что орган движения вперед у человека отстал в развитии, а длительность рассматриваемого ощущения слишком мала, чтобы позволить нам проводить эксперименты с такой очевидностью, как в случае вращения. Фактически, Крам Браун однажды наблюдал, находясь в состоянии раздражения, у себя самого своеобразные вертикальные явления, которые все были удовлетворительно объяснены аномально длительным сохранением ощущения вращения, и я сам в аналогичном случае при остановке железнодорожного состава ощущал кажущееся движение назад с поразительной интенсивностью и в течение необычно длительного времени.

Нет никаких сомнений в том, что мы ощущаем изменения вертикального ускорения, и из нижеприведенного чрезвычайно вероятно, что отолиты преддверия являются органом восприятия*направления* ускорения массы. Тогда было бы несовместимо с действительно логичной точкой зрения рассматривать последний как неспособный воспринимать горизонтальные ускорения.

У низших животных аналог лабиринта сжат до маленького пузырька, заполненного жидкостью и содержащего крошечные кристаллы, слуховые косточки или отолиты с большим удельным весом, подвешенные на мельчайших волосках. Эти кристаллы кажутся физически хорошо приспособленными как для указания направления силы тяжести, так и для направления зарождающихся движений. В том, что они выполняют первую функцию, Делаж был первым, кто убедился сам в ходе экспериментов с низшими животными, которые после удаления отолитов совершенно потеряли ориентацию и больше не могли восстановить свое нормальное положение. Леб также обнаружил, что рыбы без лабиринтов плавают то на животе, то на спине. Но самый замечательный, самый красивый и самый убедительный эксперимент - это тот, который доктор Крейдль провел с ракообразными. По словам Хенсена, некоторые ракообразные при отшелушивании самопроизвольно вводят в свой отолитовый пузырь мелкие песчинки в виде слуховых камешков. По остроумному предложению С. Экснера доктор Крейдль заставил некоторых из этих животных питаться железными опилками (*ferrum limatum*). Если поднести полюс электромагнита к животному, оно сразу же отвернется от полюса, сопровождая движение соответствующими рефлекторными движениями глаз в момент отключения тока,

точно так же, как если бы сила тяжестивоздействовала на животное в том же направлении, что и магнитная сила.[104] Это, по сути, то, чего следует ожидать от функции, приписываемой отолитам. Если покрыть глаза асфальтовым лаком и удалить слуховые мешочки, ракообразные полностью теряют чувство направления, кувыркаются кубарем, безразлично ложатся на бок или на спину. Этого не происходит, когда прикрыты только глаза. Что касается позвоночных, то Брейер путем тщательных исследований продемонстрировал, что отолиты, или, точнее, статолиты, скользят в трех плоскостях, параллельных плоскостям полукруглых каналов, и, следовательно, идеально приспособлены для индикации изменений как в величине, так и в направлении ускорения массы.[105]

Я уже отмечал, что не каждую функцию ориентирования можно приписать исключительно лабиринту. Глухонемые, которых приходится погружать в воду, и ракообразные, у которых должны быть закрыты глаза, если они хотят быть полностью дезориентированными, являются доказательством этого факта. Я видел слепую кошку в лаборатории Геринга, которая для не очень внимательного наблюдателя вела себя в точности как зрячая кошка. Он проворно играл с предметами, катающимися по полу, с любопытством засовывал голову в открытые ящики, ловко вскакивал на стулья, с идеальной точностью пробегал через открытые двери и ни разу не наткнулся на закрытые. Визуальное восприятие здесь было быстро заменено тактильным и слуховым восприятием. И из исследований Эвальда следует, что даже после удаления лабиринтов животные постепенно снова учатся передвигаться вполне нормальным образом, предположительно потому, что устраненную функцию лабиринта теперь выполняет какая-то часть мозга. Заметна определенная специфическая слабость только мышц, которую Эвальд приписывает отсутствию раздражителя, который в противном случае постоянно излучается лабиринтом (лабиринтонус). Но если удалить часть мозга, которая выполняет порученную функцию, животные снова оказываются полностью дезориентированными и абсолютно беспомощными.

Можно сказать, что взгляды, изложенные Брейером, Крамом Брауном и мной в 1873 и 1874 годах и являющиеся по существу более полным и насыщенным развитием идеи Гольца, в целом были обоснованы. По крайней мере, они оказали полезное и стимулирующее влияние. В ходе расследования, конечно, возникли новые проблемы, которые все еще ждут решения, и предстоит проделать большую работу. В то же время мы видим, насколько плодотворным может стать возобновленное сотрудничество различных специальных отделов науки после периода изоляции и бодрящего труда порознь.

Поэтому мне, возможно, будет позволено рассмотреть связь между слухом и ориентацией с другой и более общей точки зрения. То, что мы называем органом слуха, у низших животных является просто мешочком, содержащим слуховые камни. По мере того, как мы поднимаемся по шкале, из них постепенно развиваются 1, 2, 3 полукруглых канала, в то время как структура самого отолитового органа становится более сложной. Наконец, у высших позвоночных, и особенно у млекопитающих, частью последнего органа (лагены) становится улитка, которую Гельмгольц объяснил как орган ощущения тона. Полагая, что весь лабиринт является органом слуха, Гельмгольц, вопреки результатам своего собственного виртуозного анализа, первоначально стремился интерпретировать другую часть лабиринта как орган восприятия звуков. Давным-давно (1873) я показал, что всякий тональный стимул, сокращая продолжительность возбуждения до нескольких колебаний, постепенно теряет свой характер высоты тона и приобретает характер резкого, сухого звука.[106] Могут быть показаны все

промежуточные стадии между тонами и шумами. В таком случае вряд ли можно предположить, что один орган внезапно и в какой-то заданный момент заменяется в своей функции другим. На основании различных экспериментов и рассуждений С. Экснер также считает ненужным предположение о существовании специального органа для восприятия шумов.

Если мы только подумаем, насколько мала часть лабиринта высших животных, по-видимому, служащая слуху, и насколько велика, с другой стороны, та часть, которая, весьма вероятно, служит целям ориентации, насколько первые анатомические зачатки слухового мешка низших животных напоминают ту часть полностью развитого лабиринта, которая не слышит, то неизбежно возникнет точка зрения, выраженная Брейером и мной (1874, 1875), что орган слуха развился из органа восприятия движений путем приспособления к слабым периодическим двигательным стимулам, а орган слуха - из органа восприятия движений. и что многие аппараты у низших животных, которые считаются органами слуха, вообще не являются органами слуха.[107]

Эта точка зрения, по-видимому, заметно укрепляется. Доктор Крейдль путем умело спланированных экспериментов пришел к выводу, что даже рыбы не слышат, тогда как Э. Х. Вебер в свое время рассматривал косточки, соединяющие воздушный пузырь рыб с лабиринтом, как органы, специально предназначенные для передачи звука от первого ко второму.[108] Стеренсен исследовал возбуждение звуков воздушным пузырем рыб, а также проведение ударов через веберовы косточки. Он считает, что воздушный пузырь особенно приспособлен для восприятия звуков, издаваемых другими рыбами, и проведения их в лабиринт. Он слышал громкое хрюканье рыб в реках Южной Америки и придерживается мнения, что таким образом они привлекают друг друга. Согласно этим взглядам, некоторые рыбы не являются ни глухими, ни немыми.[109] Рассматриваемый здесь вопрос, возможно, можно было бы решить, проводя четкое различие между ощущением собственно слуха и восприятием ударов током. Упомянутое выше ощущение может быть, даже в случае многих позвоночных, крайне ограниченным или, возможно, даже абсолютно отсутствующим. Но помимо слуховой функции, косточки Вебера вполне могут выполнять и некоторые другие функции. Хотя, как показал Моро, воздушный пузырь сам по себе не является органом равновесия в простом физическом смысле слова Борелли, все же, несомненно, какая-то функция этого характера все же за ним закреплена. Союз с лабиринтом благоприятствует этой концепции, и поэтому здесь перед нами встает множество новых проблем.

Я хотел бы закончить воспоминанием из 1863 года. Только что была опубликована работа Гельмгольца "*Ощущения тона*", и теперь функция улитки казалась ясной всему миру. В частной беседе, которую я имел с врачом, последний заявил, что пытаться понять функцию других частей лабиринта - почти безнадежное предприятие, тогда как я с юношеской смелостью утверждал, что этот вопрос вряд ли удастся решить, и очень скоро, хотя, конечно, тогда у меня не было ни малейшего представления о том, как это можно было сделать. Десять лет спустя этот вопрос был в значительной степени решен.

Сегодня, после того как я часто и тщетно пробовал свои силы по многим вопросам, я больше не верю, что мы можем быстро справиться с проблемами науки. Тем не менее, я бы не рассматривал "ignorabimus" как выражение скромности, скорее как раз наоборот. Это выражение подходит только в отношении проблем, которые неправильно сформулированы и

которые, следовательно, вообще не являются проблемами. Каждая реальная проблема может быть решена и будет решена со временем без сверхъестественных предсказаний, исключительно благодаря точному наблюдению и пристальному, ищущему размышлению.

О НЕКОТОРЫХ ЯВЛЕНИЯХ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ПОЛЕТ СНАРЯДОВ.[110]

"Я вел своих оборванцев туда, где их поджаривали". —*Фальстаф*.

"Он идет только для того, чтобы посмотреть на шум, который он слышал". —*Сон в летнюю ночь*.

Проделывать в кратчайшие сроки как можно больше дырок в телах друг друга, и не всегда во имя вполне простительных целей и идеалов, кажется, возросло до достоинства долга у современных людей, которые из-за исключительной непоследовательности и подчинения диаметрально противоположному идеалу связаны столь же священным обязательством делать эти дыры как можно меньше, а когда они сделаны, заделывать их и заживлять как можно быстрее. Поскольку, таким образом, стрельба и все, что с ней связано, является очень важным, если не самым важным делом современной жизни, вы, несомненно, не откажетесь уделить свое внимание в течение часа некоторым экспериментам, которые были предприняты не для достижения целей войны, а для продвижения целей науки, и которые проливают некоторый свет на явления, сопровождающие полет снарядов.

Современная наука стремится строить свою картину мира не на основе умозрений, а, насколько это возможно, на основе фактов. Она проверяет свои построения, прибегая к наблюдению. Каждый вновь наблюдаемый факт дополняет его картину мира, и каждое расхождение конструкции с наблюдениями указывает на какое-то несовершенство, на какой-то пробел в ней. То, что мы видим, подвергается проверке и дополняется мыслью, которая опять же является не чем иным, как результатом ранее виденных вещей. Поэтому всегда особенно увлекательно подвергать прямой проверке путем наблюдения, то есть делать осязаемым для органов чувств то, что мы только теоретически обосновали или предположили.

В 1881 году, услышав в Париже лекцию бельгийского артиллериста Мельсенса, который рискнул выдвинуть гипотезу о том, что летящие с большой скоростью снаряды несут перед собой массы сжатого воздуха, которые способствуют возникновению в поражаемых снарядами телах определенных хорошо известных фактов о природе взрывов, у меня возникло желание экспериментально проверить его гипотезу и сделать это явление, если оно действительно существовало, ощутимым. Желание было тем сильнее, что я мог сказать, что все средства для его реализации существовали, и что я частично уже использовал и опробовал их для других целей.

И сначала давайте проясним те трудности, которые необходимо преодолеть. Наша задача состоит в том, чтобы наблюдать пулю или другой снаряд, несущийся в пространстве со скоростью многих сотен ярдов в секунду, вместе с возмущениями, которые пуля вызывает в окружающей атмосфере. Даже само непрозрачное твердое тело, снаряд, виден только в

исключительных случаях при таких обстоятельствах — только когда он имеет значительный размер и когда мы видим линию его полета в сильно суженной перспективе, так что скорость, по-видимому, уменьшается. Мы видим большой снаряд совершенно отчетливо, когда стоим за пушкой и пристально смотрим вдоль линии его полета или в менее приятном случае, когда снаряд мчится к нам. Однако существует очень простой и эффективный метод наблюдения за быстро движущимися телами с такими же минимальными трудностями, как если бы они находились в состоянии покоя в какой-то точке своего пути. Метод заключается в освещении с помощью яркой электрической искры чрезвычайно короткого действия в темной комнате. Но поскольку для полного интеллектуального постижения картины, представшей взору, необходим определенный, немалый промежуток времени, естественно, будет также использован метод мгновенной фотографии. Изображения, которые имеют чрезвычайно малую продолжительность, таким образом, записываются постоянно, и их можно рассматривать и анализировать в удобное для вас время.

С только что упомянутой трудностью связана еще одна, более серьезная трудность, связанная с воздухом. Атмосферу в ее обычном состоянии обычно не видно, даже когда она находится в состоянии покоя. Но задача, поставленная перед нами, состоит в том, чтобы передать видимые массы воздуха, которые, вдобавок, движутся с высокой скоростью.

Чтобы быть видимым, тело должно либо само излучать свет, либо сиять, либо каким-то образом влиять на падающий на него свет, должно поглощать этот свет полностью или частично, поглощать его или оказывать на него отклоняющее воздействие, то есть отражать или преломлять его. Мы не можем видеть воздух так, как видим пламя, потому что оно светит лишь в исключительных случаях, как в трубке Гейслера. Атмосфера чрезвычайно прозрачна и бесцветна; поэтому ее нельзя увидеть, как темное или окрашенное тело, или как газообразный хлор, или пары брома или йода. Воздух, наконец, имеет настолько малый показатель преломления и настолько малое отклоняющее влияние на свет, что эффект преломления обычно вообще незаметен.

Стеклянный стержень виден на воздухе или в воде, но он почти невидим в смеси бензола и бисульфуроуглерода, которая имеет тот же средний показатель преломления, что и стекло. Порошкообразное стекло в той же смеси имеет яркую окраску, потому что из-за разложения цветов показатели одинаковы только для одного цвета, который беспрепятственно проникает в смесь, в то время как другие цвета подвергаются повторяющимся отражениям.[111]

Вода невидима в воде, спирт в спирте. Но если спирт смешать с водой, то хлопьевидные разводы спирта в воде будут видны сразу, и *наоборот*. И точно так же, при благоприятных обстоятельствах, можно увидеть и воздух. Над крышей, нагретой палящим солнцем, заметно дрожащее колебание предметов, как и над раскаленными печами, радиаторами и регистрами. Во всех этих случаях смешиваются крошечные хлопьевидные массы горячего и холодного воздуха, слегка различающиеся по преломляемости.

Подобным же образом более преломляющие части неоднородных масс стекла, так называемые бороздки или дефекты стекла, легко обнаруживаются среди менее преломляющих частей, составляющих его основную массу. Такие стекла непригодны для оптических целей, и особое внимание было уделено исследованию методов устранения или предотвращения этих дефектов. Результатом стала разработка чрезвычайно тонкого метода обнаружения оптических

дефектов — так называемого метода Фуко и Теплера, — который подходит также для нашей настоящей цели.

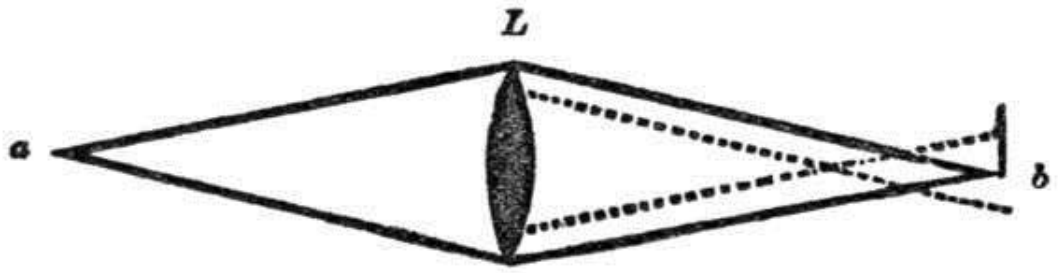


Рис. 49.

Даже Гюйгенс, пытаясь обнаружить наличие полосок на полированных стеклах, рассматривал их при косом освещении, обычно на значительном расстоянии, чтобы дать полный обзор аберрациям, и для большей точности прибегал к телескопу. Но метод был доведен до высшей точки совершенства в 1867 году Теплером, который применил следующую процедуру: небольшой источник света*a* (рис. 49) освещает линзу *L*, которая создает изображение *b* источника света. Если расположить глаз так, чтобы изображение падало на зрачок, то вся линза, если она идеальна, будет казаться одинаково освещенной по той причине, что все ее точки посылают лучи в глаз. Грубые несовершенства формы или однородности становятся видимыми только в том случае, если аберрации настолько велики, что свет от многих пятен проходит мимо зрачка глаза. Но если изображение *b* частично перекрыто краем небольшого слайда, то те пятна в линзе, которые таким образом частично затемнены, будут казаться ярче, свет которых из-за больших аберраций все еще достигает глаза, несмотря на перехватывающий слайд, в то время как те пятна будут казаться темнее, которые вследствие аберрации в другом направлении полностью отбрасывают свой свет на слайд. Эта хитрость с перехватывающим предметным стеклом, которая ранее использовалась Фуко для исследования оптических дефектов зеркал, чрезвычайно повышает деликатность метода, который еще больше усиливается использованием Теплером телескопа за предметным стеклом. Метод Теплера, соответственно, обладает всеми преимуществами процедуры Гюйгенса и Фуко вместе взятых. Он настолько чувствителен, что малейшие неровности в воздухе, окружающем линзу, могут быть отчетливо видны, как я покажу на примере. Я помещаю свечу перед объективом *L* (рис. 50) и устанавливаю вторую линзу *M* таким образом, чтобы пламя свечи отображалось на экране *S*. Как только перехватывающий слайд попадает в фокус *b* света, исходящего от *a*, вы совершенно отчетливо видите на экране изображения изменений плотности и движения, вызванные пламенем в воздухе. Отчетливость явления в целом зависит от положения перехватывающего затвора*b*. Удаление *b* увеличивает освещенность, но уменьшает различимость. Если убрать источник света *a*, мы видим изображение пламени свечи только на *экранах*. Если мы уберем пламя и позволим *a* продолжать светить, экран *S* будет казаться равномерно подсвеченным.

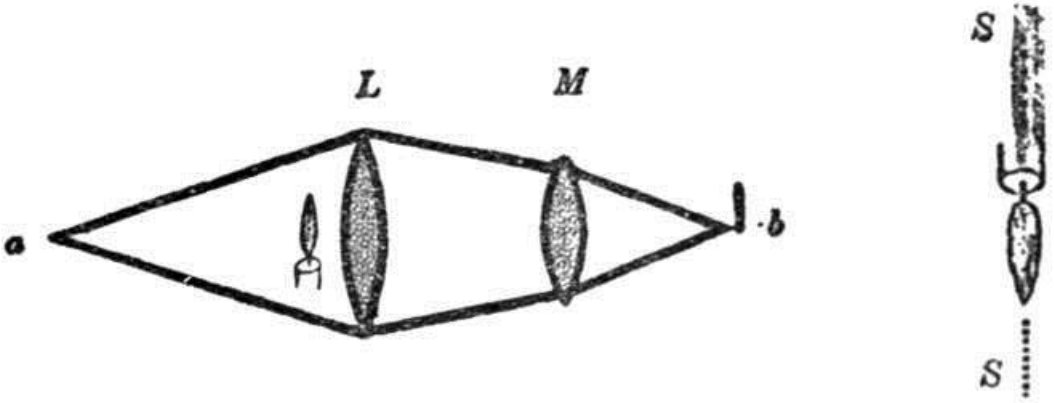


Рис. 50.

После того, как Теплер долго и тщетно пытался с помощью этого принципа сделать видимыми неоднородности, создаваемые в воздухе звуковыми волнами, благоприятные обстоятельства, сопутствующие образованию электрических искр, наконец привели его к своей цели. Волны, генерируемые в воздухе электрическими искрами и сопровождающие их взрывной треск, имеют достаточно короткий период времени и достаточно мощны, чтобы быть видимыми с помощью этих методов. Таким образом, мы видим, как путем тщательного учета мельчайших и наиболее туманных признаков явления и незначительных прогрессивных и соответствующих изменений обстоятельств и методов, в конечном счете, могут быть достигнуты самые поразительные результаты. Рассмотрим, например, два таких явления, как трение янтаря и электрическое освещение современных улиц. Человек, не знающий о множестве мельчайших звеньев, соединяющих эти две вещи вместе, будет абсолютно сбит с толку их связью и поймет ее не больше, чем обычный наблюдатель, не знакомый с эмбриологией, анатомией и палеонтологией, поймет связь между ящером и птицей. Высокая ценность и значительность сотрудничества исследователей на протяжении веков, когда каждому достаточно подхватить нить работы своих предшественников и продолжить ее, становится убедительно очевидной на таких примерах. И такое знание также самым ясным образом разрушает то впечатление о чудесном, которое зритель может получить от науки, и в то же время является самым благотворным предостережением работнику науки от высокомерия. Я должен также добавить отрезвляющее замечание о том, что все наше искусство было бы напрасным, если бы сама природа не предоставила хотя бы несколько слабых путеводных нитей, ведущих из скрытого явления в область наблюдаемого. И поэтому нас не должно удивлять, что однажды при особо благоприятных обстоятельствах чрезвычайно мощная звуковая волна, вызванная взрывом нескольких сотен фунтов динамита, отбросила прямо видимую тень на солнце, как недавно рассказал нам Бойз. Если бы звуковые волны совершенно не влияли на свет, этого не могло бы произойти, и тогда все наши ухищрения тоже были бы напрасны. И таким же образом, явление, сопровождающее снаряды, которое я собираюсь вам показать, было однажды очень несовершенным образом случайно замечено французским артиллеристом Журне, когда этот наблюдатель просто следил за линией полета снаряда в подзорную трубу, точно так же, как колебания, производимые пламенем свечи, слабо видны непосредственно и при ярком солнечном свете изображаются теневыми волнами на однородном белом фоне.

Мгновенное освещение электрической искрой, метод передачи видимых небольших оптических различий или полос, который, следовательно, может быть назван *полосатым*, или *дифференциальным*методом,[112], изобретенный Фуко и Теплером, и, наконец, *запись*

изображения на *фотографическую* пластинку, — вот поэтому это главное средство, которое должно привести нас к нашей цели.

Я провел свои первые эксперименты летом 1884 года с пистолетом-мишенью, пуская пулю через полосатое поле, как описано выше, и следя за тем, чтобы снаряд, находясь в полевых условиях, вызывал электрическую искру из лейденской банки или стекла Франклина, которая производила фотографический отпечаток снаряда на пластине, специально приспособленной для этой цели. Я получил изображение снаряда сразу и без труда. Я также легко получил, с помощью все еще довольно дефектной сухой пластины, которой я пользовался, чрезвычайно тонкие изображения звуковых волн (spark-waves). Но никакого атмосферного конденсата, образовавшегося в результате попадания снаряда, видно не было. Теперь я определил скорость моего снаряда и обнаружил, что она составляет всего 240 метров в секунду, или значительно меньше скорости звука (которая составляет 340 метров в секунду). Я сразу увидел, что при таких обстоятельствах не может быть произведено заметного сжатия воздуха, поскольку любое атмосферное сжатие неизбежно должно распространяться вперед со скоростью звука (340 метров в секунду) и, следовательно, всегда будет опережать снаряд и удаляться от него.

Однако я был настолько убежден в существовании предполагаемого явления при скорости, превышающей 340 метров в секунду, что попросил профессора Зальхера из Фиуме, австрийского порта в заливе Кварнеро, провести эксперимент со снарядами, летящими с высокой скоростью. Летом 1886 года Зальхер совместно с профессором Риглером провели в просторной и подходящей квартире, предоставленной в их распоряжение директорами Королевской военно-морской академии, эксперименты указанного рода, метод которых в точности соответствовал тем, которые я проводил, с точными ожидаемыми результатами. Фактически, это явление полностью соответствовало *априорному* наброску, который я набросал перед экспериментом. По мере продолжения экспериментов появлялись новые и непредвиденные возможности.

Конечно, было бы несправедливо ожидать от самых первых экспериментов безупречных и очень отчетливых фотографий. Было достаточно того, что успех был обеспечен и что я убедил себя в том, что дальнейший труд и затраты не окажутся напрасными. И в этом отношении я в большом долгу перед двумя вышеупомянутыми джентльменами.

Впоследствии военно-морское ведомство Австрии предоставило в распоряжение Зальхера пушку в Поле, адриатическом морском порту, а я сам вместе с моим сыном, тогда студентом-медиком, получив вежливое приглашение Круппа, отправился в Меппен, город в Ганновере, где мы провели, используя только необходимое оборудование, несколько экспериментов на открытом артиллерийском полигоне. Все эти эксперименты позволили получить довольно хорошие и полные картины. Был достигнут также некоторый небольшой прогресс. Однако результатом нашего опыта на обоих артиллерийских полигонах стало твердое убеждение в том, что действительно хорошие результаты могут быть получены только при самом тщательном проведении экспериментов в лаборатории, специально приспособленной для этой цели. Дороговизна экспериментов в больших масштабах здесь не была определяющим фактором, поскольку размер снаряда безразличен. Учитывая одинаковую скорость, результаты получаются довольно схожими, независимо от того, большие это снаряды или маленькие. С другой стороны, в лаборатории экспериментатор полностью контролирует начальную скорость,

которая при наличии соответствующего оборудования может быть изменена по желанию простым изменением заряда и веса снаряда. Соответственно, необходимые эксперименты были проведены мной в моей лаборатории в Праге, частично совместно с моим сыном, а частично впоследствии им одним. Последние являются наиболее совершенными, и поэтому я подробно остановлюсь здесь только на них.

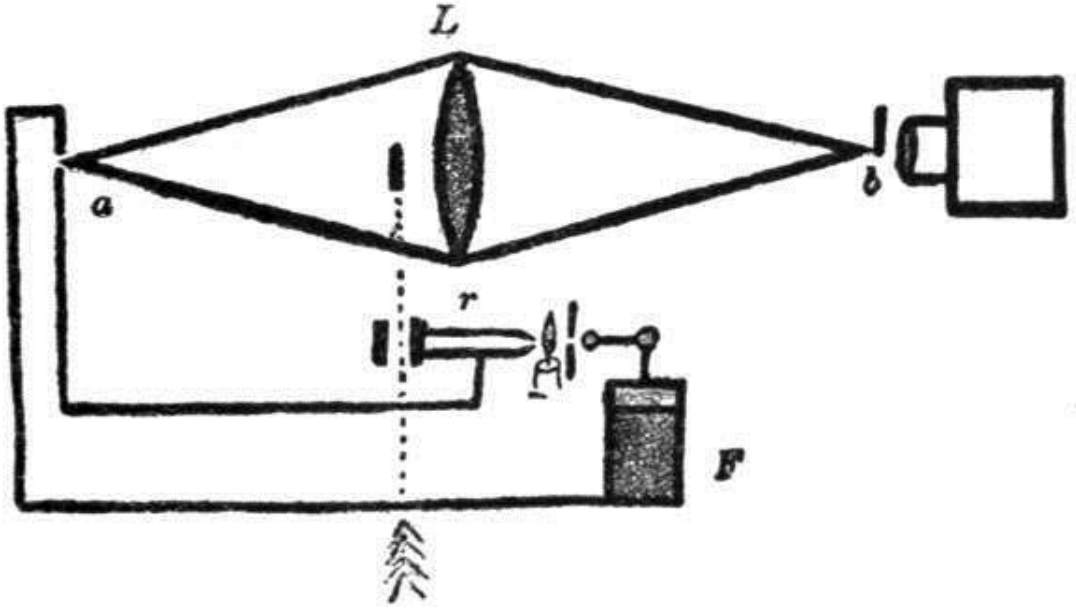


Рис. 51.

Представьте себе устройство для обнаружения оптических полос, установленное в темной комнате. Чтобы не делать описание слишком сложным, я приведу только основные характеристики аппарата, полностью опуская мельчайшие детали, которые имеют значение скорее для технического выполнения эксперимента, чем для его понимания. Соответственно, мы предполагаем, что снаряд ускоряется по своему пути, проходя через поле нашего дифференциально-оптического прибора. Достигнув центра поля (рис. 51), снаряд выбрасывает электрическую искру *a*, и полученное таким образом изображение снаряда фотографируется на пластине камеры за перехватывающим затвором *b*. В последних и лучших экспериментах линза *L* была заменена сферическим зеркалом из посеребренного стекла фирмы К. Фричем (ранее Прокешем) из Вены, при этом аппарат, естественно, был более сложным, чем это представляется на нашей схеме. Тщательно нацеленный снаряд проходит через дифференциальное поле между двумя вертикальными изолированными проводами, которые соединены с двумя покрытиями лейденской банки, и, полностью заполнив пространство между проводами, разряжает банку. На оси дифференциального устройства схема имеет второй зазор *a*, который обеспечивает загорающуюся искру, изображение которой попадает на перехватывающий слайд *b*. С проводами в дифференциальном поле, вызывавшими многочисленные возмущения, впоследствии было покончено. В новой конструкции снаряд проходит через кольцо (см. пунктирную линию, рис. 51) в воздух, в котором он создает резкий импульс, который распространяется по трубе *r* в виде звуковой волны, имеющей приблизительную скорость 340 метров в секунду, опрокидывает через отверстие электрического экрана пламя свечи, расположенной в другом отверстии трубы, и таким образом разряжает банку. Длина трубки *r* отрегулирована таким образом, что разряд происходит в тот момент, когда снаряд попадает в центр теперь уже полностью чистого поля

зрения. Мы также не будем принимать во внимание тот факт, что для полного обеспечения успеха эксперимента пламя сначала разряжает большой сосуд, и что с помощью этого первого разряда происходит разряд второго маленького сосуда, имеющего искру с очень коротким периодом, которая дает искру, действительно освещающую снаряд. Искры от больших кувшинов имеют заметную продолжительность, и из-за большой скорости полета снарядов фотографии получаются только размытыми. Тщательно распределяя свет дифференциального аппарата и благодаря тому, что таким образом на фотопластинку попадает гораздо больше света, чем могло бы достичь ее в противном случае, мы можем получать красивые, сильные и резкие фотографии с невероятно маленькими искрами. Контуры рисунков выглядят как очень тонкие и очень четкие, тесно прилегающие двойные линии. Исходя из их расстояния друг от друга и скорости полета снаряда, установлено, что продолжительность свечения, или искры, составляет 1/800000 секунды. Таким образом, очевидно, что эксперименты с механическими защелкивающимися предметными стеклами не могут дать результатов, достойных этого названия.

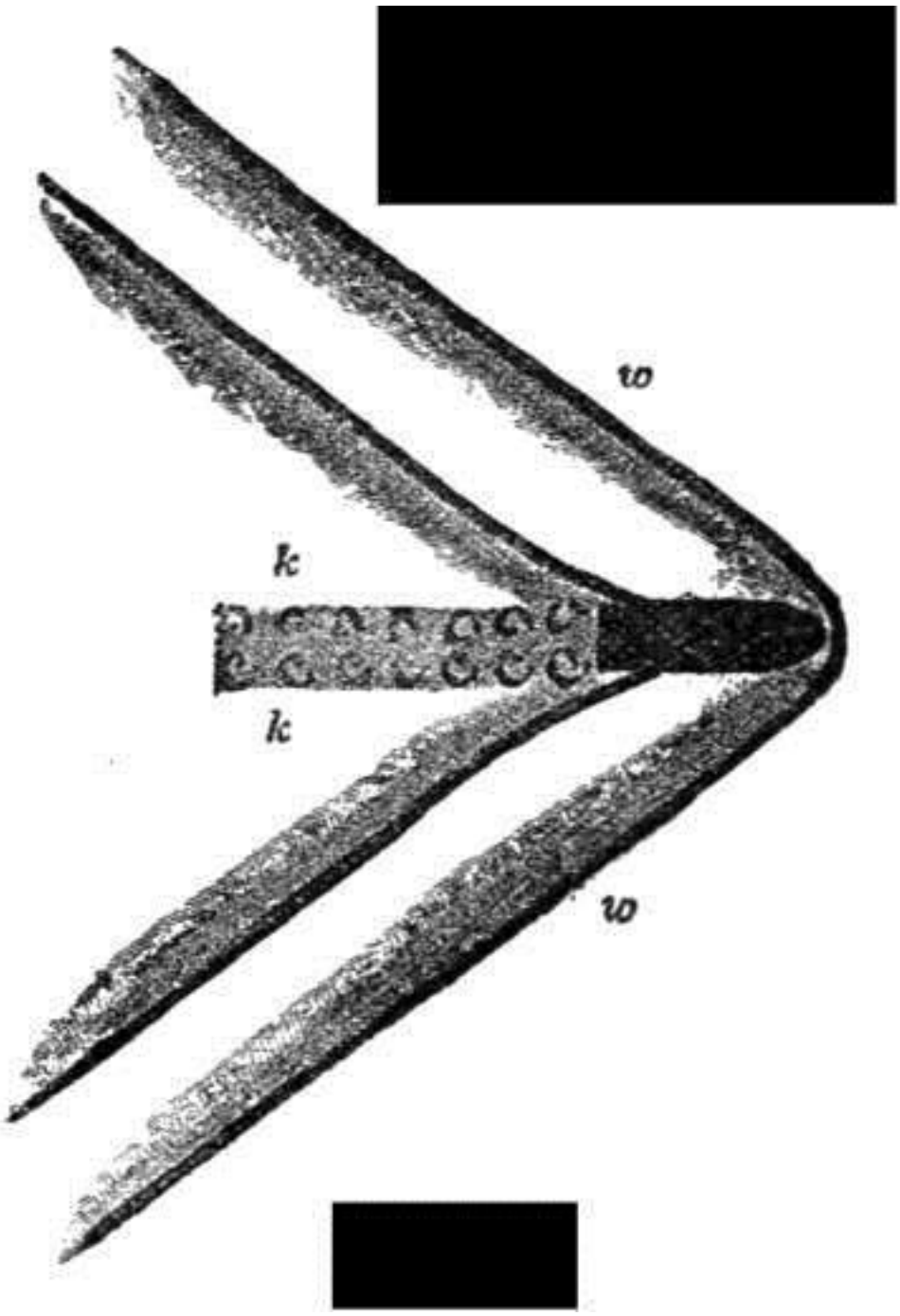


Рис. 52.

Давайте теперь сначала рассмотрим изображение снаряда в грубом виде, как показано на рисунке 52, а затем рассмотрим его в фотографическом виде, как показано на рисунке 53. На последнем снимке запечатлен выстрел из австрийской винтовки Манлихера. Если бы я не сказал вам, что изображено на картинке, вы, скорее всего, вообразили бы, что это вид лодки *b*, быстро движущейся по воде с высоты птичьего полета. Спереди вы видите носовую волну, а позади корпуса - явление *k*, которое очень напоминает водовороты, образующиеся в кильватерной струе корабля. И на самом деле темная гиперболоидная дуга, исходящая от наконечника снаряда, на самом деле представляет собой сжатую воздушную волну, в точности аналогичную носовой волне, создаваемой кораблем, движущимся по воде, за исключением того, что воздушная волна не является поверхностной. Воздушная волна создается в

атмосферном пространстве и охватывает снаряд в виде снаряда со всех сторон. Волна видна по той же причине, по которой видна нагретая воздушная оболочка, окружающая пламя свечи в наших предыдущих экспериментах. И цилиндр с нагретым от трения воздухом, который снаряд выбрасывает в виде вихревых колец, действительно реагирует на воду в кильватерном русле судна.

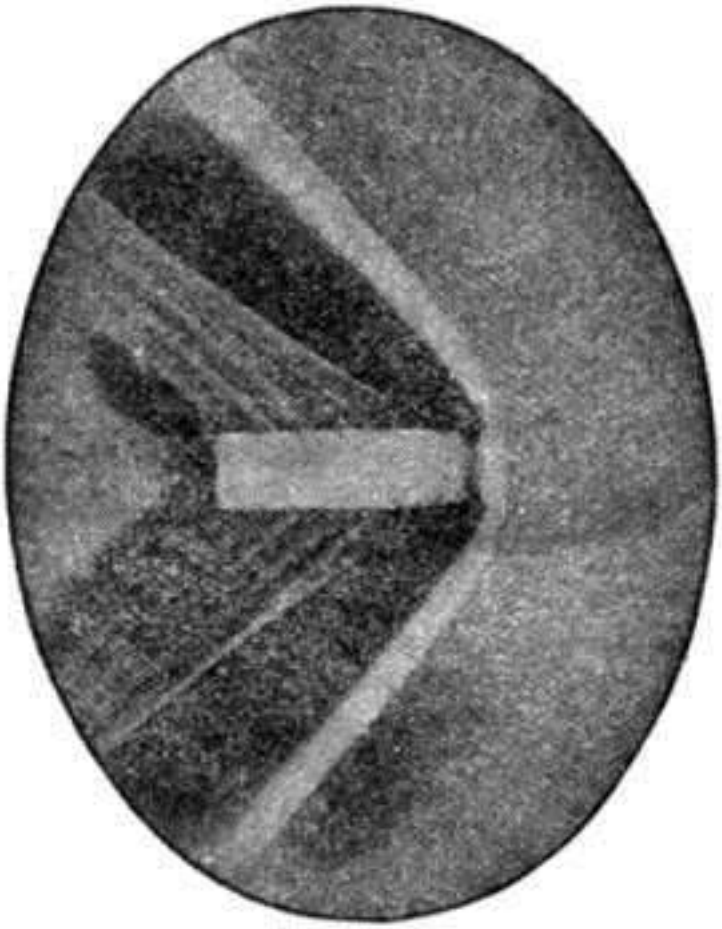


Рис. 53. Фотография снаряда с затупленным концом.]

Подобно тому, как медленно движущаяся лодка не создает носовой волны, но носовая волна видна только тогда, когда лодка движется со скоростью, превышающей скорость распространения поверхностныхволн в воде, так и волна сжатия не видна перед снарядом, пока скорость снаряда меньше скорости звука. Но если скорость снаряда достигает скорости звука и превышает ее, тогда встречная волна, как мы будем ее называть, заметно увеличивается в силе и становится все более и более протяженной, то есть угол, образуемый контурами волны по отношению к направлению полета, все более и более уменьшается, точно так же, как при увеличении скорости лодки подобное явление наблюдается в связи с носовой волной. Фактически, по мгновенной фотографии, сделанной таким образом, мы можем приблизительно оценить скорость, с которой летит снаряд.

Объяснение носовой волны корабля и объяснение встречной волны тела, движущегося в атмосферном пространстве, основаны на одном и том же принципе, давным-давно использованном Гюйгенсом. Представьте, что некоторое количество камешков нужно бросить в пруд с водой через равные промежутки времени таким образом, чтобы все пораженные точки располагались на одной прямой линии, и чтобы каждое пораженное впоследствии место находилось на небольшом расстоянии правее. Пятна, нанесенные первыми, образуют затем круги-волны, которые являются самыми широкими, и все они вместе в местах наибольшей толщины образуют своего рода рог изобилия, очень напоминающий носовую волну. (Рис. 54.) Сходство тем больше, чем мельче камешки и тем быстрее они сменяют друг друга. Если опустить удочку в воду и быстро провести по ее поверхности, то падение камешков будет происходить, так сказать, непрерывно, и у нас получится настоящая носовая волна. Если мы поместим волну сжатого воздуха вместо поверхностных волн воды, то получим встречную волну снаряда.

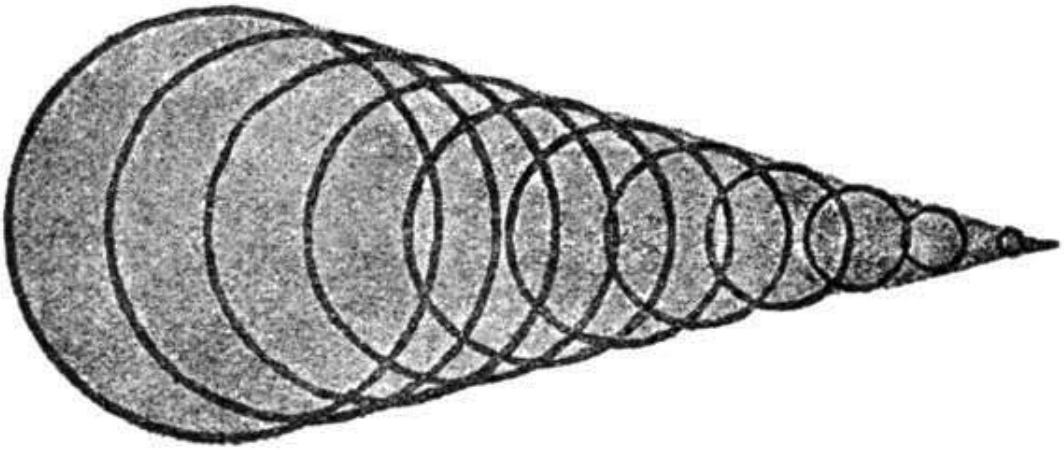


Рис. 54.

Вы, возможно, склонны сказать сейчас, что наблюдать за полетом снаряда очень красиво и интересно, но какая от этого практическая польза?

Это правда, отвечаю я, нельзя *вести войну* с помощью сфотографированных снарядов. И мне точно так же часто приходилось говорить студентам-медикам, посещавшим мои лекции по физике, когда они спрашивали о практической ценности того или иного физического наблюдения: "Вы не можете, джентльмены, лечить болезни с помощью этого". Мне также пришлось однажды высказать свое мнение относительно того, сколько физики следует преподавать в школе для мукомолов, предполагая, что обучение там будет *в точности* ограничено тем, что необходимо для мельника. Я был вынужден ответить: "Мельнику всегда *нужно* ровно столько физики, сколько он *знает*". Знаниями, которыми человек не обладает, он не может воспользоваться.

Давайте полностью отбросим соображение о том, что, как правило, каждое научное достижение, каждая проясненная новая проблема, каждое расширение или обогащение наших знаний о фактах создают лучшую основу для практических занятий. Давайте лучше поставим специальный вопрос: разве невозможно извлечь какие-то действительно практические знания из нашего теоретического знакомства с явлениями, происходящими в пространстве, окружающем снаряд?

Ни у одного физика, который когда-либо изучал звуковые волны или фотографировал их, не возникнет ни малейших сомнений относительно характера звуковых волн атмосферного конденсата, окружающего головную часть летящего снаряда. Поэтому мы, не мудрствуя лукаво, назвали это сгущение встречной волной.

Зная это, следует, что точка зрения Мельзенса, согласно которой снаряд увлекает за собой массы воздуха, которые он вдавливает в пораженные тела, несостоятельна. Движущаяся вперед звуковая волна - это не движущаяся вперед масса материи, а движущаяся вперед форма движения, точно так же, как волна воды или волны пшеничного поля - это только движущиеся вперед формы движения, а не движения масс воды или масс пшеницы.

С помощью интерференционных экспериментов, которых я не могу здесь коснуться, но которые будут найдены приблизительно представленными на рисунке 55, было обнаружено, что рассматриваемая колоколообразная встречная волна представляет собой чрезвычайно тонкую оболочку и что ее конденсация довольно умеренна, едва превышая две десятых атмосферы. Следовательно, не может быть и речи о взрывном действии в теле, пораженном снарядом при столь незначительной степени атмосферного сжатия. Явления, сопровождающие ранения от ружейных пуль, например, не подлежат объяснению, как их объясняют Мельсенс и Буш, но обусловлены, как утверждают Кохер и Регер, воздействием самого снаряда.

Рис. 55.

Простой эксперимент покажет, насколько незначительную роль играет трение воздуха или предполагаемое перемещение воздуха вместе с движущимся снарядом. Если фотография снаряда будет сделана во время прохождения через пламя, то есть видимый газ, то будет видно, что пламя не разорвано и не деформировано, а гладко и чисто продырявлено, как любое твердое тело. Внутри и вокруг пламени будут видны контуры встречной волны. Мерцание, гашение пламени и т.д. Происходят только после того, как снаряд проходит значительное расстояние по своему пути, и тогда на него воздействуют пороховые газы, которые устремляются вслед за пулей, или воздух, предшествующий пороховым газам.

Физик, который исследует встречную волну и распознает ее характер звуковой волны, также видит, что рассматриваемая волна относится к тому же виду, что и короткие острые волны, создаваемые электрическими искрами, что это*шумовая*волна. Следовательно, всякий раз, когда какая-либо часть встречной волны достигает уха, это будет слышно как отчет. Внешний вид указывает на вывод, что снаряд несет этот отчет с собой. В дополнение к этому звуку, который распространяется со скоростью снаряда и поэтому обычно распространяется со скоростью, превышающей скорость звука, также можно услышать звук взрывающегося пороха, который распространяется с обычной скоростью звука. Следовательно, будут слышны два взрыва, каждый из которых различим по времени. То обстоятельство, что этот факт долгое время неправильно истолковывался практическими наблюдателями, но когда он был действительно замечен, частополучал гротескные объяснения и что в конечном итоге моя точка зрения была принята как правильная, само по себе представляется мне достаточным оправданием того, что исследования, о которых мы здесь говорим, не являются совершенно излишними даже в практических направлениях. То, что вспышки и звуки выстрелов артиллерийских орудий используются для оценки расстояний до батарей, хорошо известно, и само собой разумеется, что любое неясное теоретическое представление о фактах, о которых здесь идет речь, серьезно повлияет на правильность практических расчетов.

Человеку, слышащему это впервые, может показаться удивительным, что одиночный выстрел имеет двойной звук из-за двух разных скоростей распространения. Но отражение того, что снаряды, скорость которых меньше скорости звука, не создают встречных волн (потому что каждый импульс, передаваемый воздуху, распространяется вперед, то есть в точности со скоростью звука), проливает полный свет, когда логически развивается упомянутое выше особое обстоятельство. Если снаряд движется быстрее звука, воздух перед ним не может отступить от него достаточно быстро. Воздух конденсируется и нагревается, и вслед за этим, как всем известно, скорость звука увеличивается до тех пор, пока встречная волна не распространится вперед так же быстро, как и сам снаряд, так что нет никакой необходимости в каком-либо дополнительном увеличении скорости распространения. Если бы такую волну предоставить полностью самой себе, она увеличилась бы в длину и вскоре превратилась бы в обычную звуковую волну, распространяющуюся с меньшей скоростью. Но снаряд всегда находится позади него и таким образом поддерживает его надлежащую плотность и скорость. Даже если снаряд пробьет кусок картона или деревянную доску, которая улавливает и блокирует встречную волну, на возникающей вершине немедленно появится, как показано на рисунке 56, вновь сформированная, чтобы не сказать только что родившаяся, встречная волна. Мы можем наблюдать на картоне отражение и дифракцию встречной волны, а при помощи пламени - ее преломление, так что не может оставаться никаких сомнений относительно ее природы.

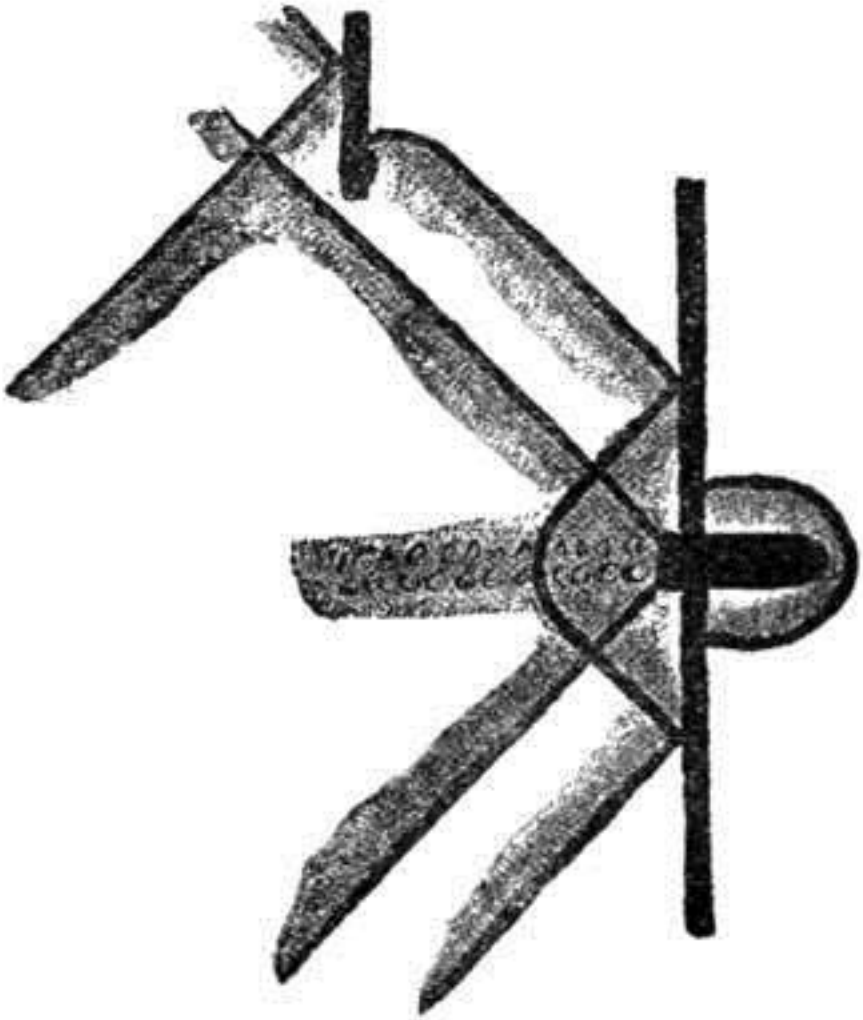


Рис. 56.

Позвольте мне теперь проиллюстрировать наиболее важные моменты, которые я только что привел, с помощью нескольких грубых рисунков, взятых со старых и менее совершенных фотографий.

На рисунке 57 вы видите, как снаряд, только что вылетевший из ствола винтовки, касается провода и отключает загорающуюся искру. На вершине снаряда вы уже видите зачатки мощной встречной волны, а перед волной - прозрачное грибовидное скопление. Этот последний представляет собой воздух, который был вытеснен из ствола снарядом. Круговые звуковые волны, шумовые волны, которые вскоре настигаются снарядом, также исходят из ствола. Но за снарядом вырываются непрозрачные клубы порохового газа. Едва ли нужно добавлять, что многие другие вопросы баллистики могут быть изучены этим методом, как, например, движение лафета.

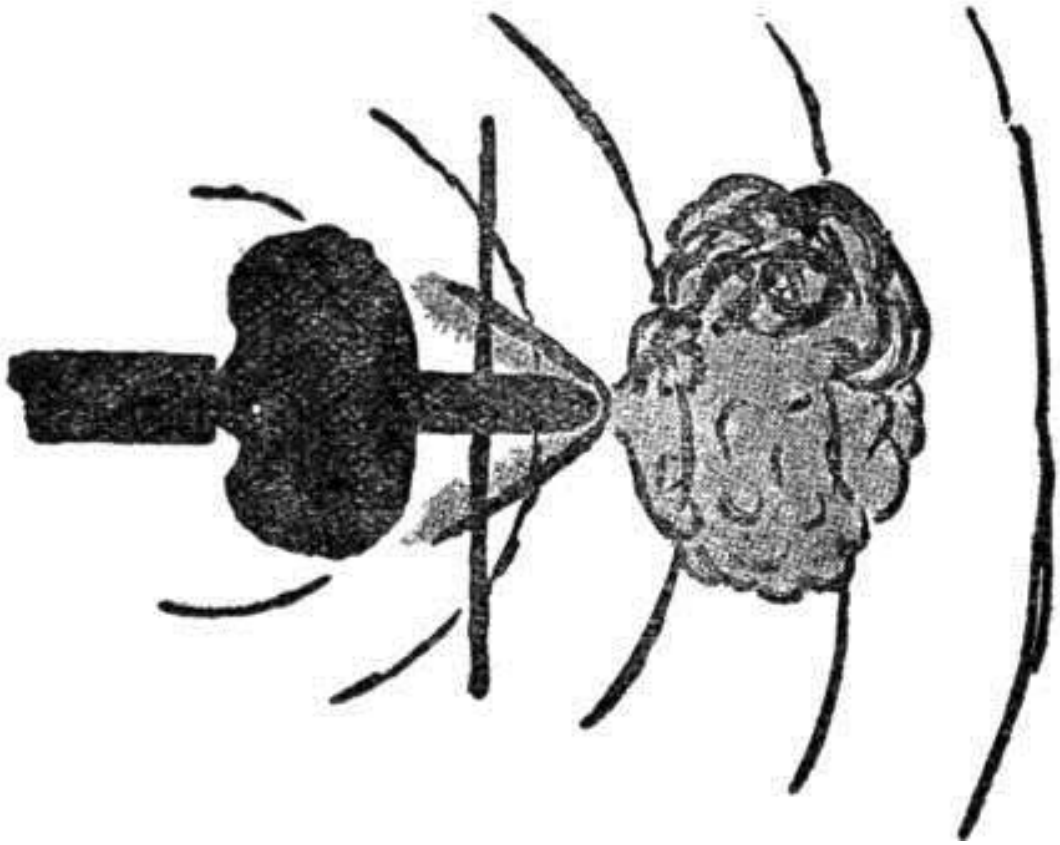


Рис. 57.

Выдающийся французский артиллерист М. Госсо применил приведенные здесь представления о встречной волне совершенно иным образом. Практика измерения скорости снарядов заключается в том, чтобы заставить снаряд проходить через проволочные сетки, размещенные в разных точках на его пути, и при разрыве этих сеток вызывать электромагнитные сигналы времени на падающих плитах или вращающихся барабанах. Госсо добился того, что эти сигналы подавались непосредственно при ударе встречной волны, отказавшись таким образом от проволочных экранов, и усовершенствовал метод настолько, что теперь можно было измерять скорости снарядов, летящих на больших высотах, где об использовании проволочных экранов не могло быть и речи.

Законы сопротивления жидкостей и воздуха движущимся в них телам образуют чрезвычайно сложную проблему, которую можно решить очень просто и красиво, как вопрос чистой философии, но практика сопряжена с немалыми трудностями. Одно и то же тело, имеющее скорость 2, 3, 4 ... перемещает за тот же интервал в 2, 3, 4 ... раза ту же массу воздуха или ту же массу жидкости и придает ей*дополнительно* в 2, 3, 4 ... раза большую скорость. Но для этого, очевидно, требуется в 4, 9, 16 ... раз больше первоначальной силы. Следовательно, сопротивление, как говорят, увеличивается пропорционально квадрату скорости. Все это очень красиво, просто и очевидно. Но практика и теория здесь на острие кинжалов. Практика говорит нам, что когда мы увеличиваем скорость, закон сопротивления меняется. Для каждой части скорости закон разный.

Исследования талантливого английского военно-морского архитектора Фруда пролили свет на этот вопрос. Фруд показал, что сопротивление обусловлено сочетанием самых разнообразных

явлений. Судно в движении подвергается трению о воду. Это вызывает вихри и, кроме того, генерирует волны, которые расходятся от него наружу. Каждое из этих явлений зависит от скорости некоторым различным образом, и, следовательно, неудивительно, что закон сопротивления должен быть сложным.

Предыдущие наблюдения предполагают вполне аналогичные отражения для снарядов. Здесь также мы имеем дело с трением, образованием вихрей и генерацией волн. Следовательно, и здесь мы не должны удивляться, обнаружив, что закон сопротивления воздуха является сложным, и не должны быть озадачены, узнав, что в действительности закон сопротивления меняется, как только скорость снаряда превышает скорость звука, поскольку именно в этот момент в игру впервые вступает один важный элемент сопротивления, а именно образование волн.

Никто не сомневается, что остроконечная пуля пробивает воздух с меньшим сопротивлением, чем тупая. Сами фотографии показывают, что встречная волна у остроконечного снаряда слабее. Точно так же не исключено, что будут изобретены формы пуль, которые создают меньше вихрей и т.д., и что мы будем изучать эти явления также с помощью фотографии. Из нескольких экспериментов, которые я провел в этом направлении, я пришел к выводу, что немногим больше можно добиться, изменив форму снаряда, когда скорость очень велика, но я не углублялся в этот вопрос досконально. Исследования такого рода, которые мы рассматриваем,, безусловно, не могут нанести ущерба практической артиллерии, и не менее очевидно, что эксперименты артиллеристов в больших масштабах принесут несомненную пользу физике.

Ни один человек, имевший возможность изучить современные пушки и снаряды во всем их изумительном совершенстве, мощи и точности, не может не признать, что в этих предметах нашли свое воплощение высокие технические и научные достижения. Мы можем настолько полностью отдаться этому впечатлению, что на мгновение забудем об ужасных целях, которым они служат.

Поэтому, прежде чем мы расстанемся, позвольте мне сказать несколько слов об этом вопиющем контрасте. Величайший человек войны и молчания, которого породил нынешний век, однажды заявил, что вечный мир - это мечта, и притом отнюдь не прекрасная. Мы можем согласиться с этим глубоким исследователем человечества в суждении по этим вопросам, а также можем оценить ужас солдата перед застоем из-за слишком длительного мира. Но требуется сильная вера в непреодолимость средневекового варварства, чтобы надеяться на значительное улучшение международных отношений и не ожидать его. Подумайте о наших предках и о временах, когда безраздельно властвовал клубный закон, когда в пределах одной и той же страны и одного и того же штата жестокие нападения и столь же жестокая самооборона были повсеместны и самоочевидны. Такое положение дел стало настолько гнетущим, что, в конце концов, тысяча и одно обстоятельство вынудили людей положить этому конец, и пушка могла сказать больше всех в выполнении этой работы. И все же верховенство клубного закона было отменено не так быстро. Оно просто перешло к другим клубам. Мы не должны предаваться мечтам типа Руссо. Вопросы права в некотором смысле навсегда останутся вопросами могущества. Даже в Соединенных Штатах, где каждый в принципе имеет право на одинаковые привилегии, бюллетень для голосования, согласно уместному замечанию Сталло, является лишь более мягкой заменой клубу. Мне также нет нужды говорить вам, что многие наши

сограждане все еще очарованы старыми оригинальными методами. Однако очень, очень постепенно, по мере развития цивилизации, общение людей приобретает более мягкие формы, и никто из тех, кто действительно знает старые добрые времена, никогда искренне не пожелает их возвращения, как бы красиво они ни были расписаны и воспеты в рифму.

Однако в отношениях наций по-прежнему безраздельно господствует старый клубный закон. Но поскольку его правление до предела истощает интеллектуальные, моральные и материальные ресурсы наций и представляет собой едва ли меньшее бремя в мирное время, чем в военное, едва ли меньшее иго для победителя, чем для побежденных, оно неизбежно должно становиться все более и более невыносимым. Разум, к счастью, больше не является исключительной собственностью тех, кто скромно называет себя высшими десятью тысячами. Здесь, как и везде, само зло пробудит интеллектуальные и этические силы, которым суждено смягчить его. Как бы ни бушевала ненависть к расам и национальностям, общение наций все равно будет увеличиваться и становиться более тесным. Наряду с проблемами, разделяющими нации, великие и общие идеалы, претендующие на исключительные полномочия людей будущего, проявляются один за другим с большей отчетливостью и мощью.

ОБ ОБУЧЕНИИ КЛАССИКЕ И ЕСТЕСТВЕННЫМ НАУКАМ.[113]

Возможно, самым фантастическим предложением, которое Мопертюи,[114] известный президент Берлинской академии, когда-либо выдвигал на одобрение своих современников, было предложение основать город, в котором для обучения и дисциплинирования молодых студентов следовало говорить только на латыни. Латинский город Мопертюи оставался праздным желанием. Но на протяжении веков существуют латинские и греческие *учреждения*, в которых наши дети проводят значительную часть своих дней и атмосфера которых постоянно окружает их, даже когда они находятся за пределами своих стен.

На протяжении веков обучение древним языкам ревностно культивировалось. На протяжении веков его необходимость попеременно отстаивалась и оспаривалась. Сейчас сильнее, чем когда-либо, звучат авторитетные голоса против преобладания преподавания классики и в пользу образования, более соответствующего потребностям времени, особенно за более щедрое отношение к математике и естественным наукам.

Принимая ваше приглашение выступить здесь на тему относительной образовательной ценности классических и математико-физических наук в колледжах и средних школах, я нахожу свое оправдание в обязанности и необходимости, возлагаемых на каждого преподавателя, формировать на основе собственного опыта мнение по этому важному вопросу, а также отчасти в том особом обстоятельстве, что в юности я лично находился под влиянием школьной жизни лишь короткое время, непосредственно перед моим поступлением в университет, и, следовательно, имел достаточную возможность наблюдать влияние самых разных методов на мою собственную личность.

Переходя теперь к обзору аргументов, которые выдвигают сторонники обучения классическим наукам, и того, что, в свою очередь, приводят сторонники обучения физическим наукам, мы оказываемся в довольно затруднительном положении по отношению к аргументам первых названных. Ибо в разные времена они были разными, и даже сейчас они носят очень разнообразный характер, как и должно быть там, где люди продвигаются вперед в пользу института, который существует и который они полны решимости сохранить любой ценой, всем, что они только могут придумать. Мы найдем здесь многое, что, очевидно, было выдвинуто только для того, чтобы произвести впечатление на умы невежд; многое также было выдвинуто добросовестно и не совсем лишено основания. Мы получим четкое представление об использованной аргументации, рассмотрев, во-первых, аргументы, которые выросли из исторических обстоятельств, связанных с первоначальным введением классиков, и, наконец, те, которые были впоследствии приведены как случайные запоздалые размышления.

Обучение на латыни, как подробно показал Паулсен[115], было введено Римской церковью вместе с христианством. Вместе с латинским языком были переданы также скудные остатки древней науки. Тот, кто желал приобрести это древнее образование, тогда единственно достойное этого названия, для него латинский язык был единственным и незаменимым средством; такой человек должен был выучить латынь, чтобы причислить себя к образованным людям.

Широко распространенное влияние Римской церкви привело к многочисленным и разнообразным результатам. К числу тех событий, которым все рады, мы можем смело отнести установление своего рода *единообразия* среди наций и регулярных международных сношений посредством латинского языка, что во многом способствовало объединению наций в общей работе по развитию цивилизации, продолжавшейся с пятнадцатого по восемнадцатый век. Таким образом, латинский язык долгое время был языком ученых, а обучение латыни — дорогой к гуманитарному образованию - шибболет, который все еще используется, хотя и долгое время был неуместен.

Ученым в целом, возможно, следует сожалеть о том, что латынь перестала быть средством международного общения. Но приписывание утраты латинским языком этой функции его неспособности приспособиться к многочисленным новым идеям и концепциям, возникшим в ходе развития науки, на мой взгляд, совершенно ошибочно. Было бы трудно найти современного ученого, который обогатил бы науку таким количеством новых идей, как Ньютон,

однако Ньютон знал, как очень правильно и точно выразить эти идеи на латинском языке. Если бы эта точка зрения была верна, она была бы справедлива и для любого живого языка. Изначально каждый язык должен приспосабливаться к новым идеям.

Гораздо более вероятно, что латынь была вытеснена как литературный носитель науки под влиянием знати. Своим желанием наслаждаться плодами литературы и науки с помощью менее утомительных средств, чем латынь, дворянство оказало народу в целом неоспоримую услугу. Ибо прошли те времена, когда знакомство с языком и литературой науки было ограничено рамками касты, и на этом этапе, возможно, был сделан самый важный шаг вперед современности. Сегодня, когда международные связи прочно установились, несмотря на множество используемых языков, никому и в голову не придет вновь вводить латынь.[116]

Легкость, с которой древние языки поддаются выражению новых идей, подтверждается тем фактом, что подавляющее большинство наших научных идей, как пережитков этого периода латинского общения, имеют латинские и греческие обозначения, в то время как в значительной степени научные идеи даже сейчас наделены названиями из этих источников. Но выводить из существования и использования таких терминов необходимость дальнейшего изучения латыни и греческого всеми, кто ими пользуется, - это слишком далеко заходящий вывод. Все термины, подходящие и неподходящие, — а в науке существует большое количество неподходящих и чудовищных сочетаний, — основаны на условности. Важно то, что люди должны ассоциировать со знаком именно ту идею, которая им обозначена. Не имеет большого значения, может ли человек правильно вывести слова*телеграф*, *касательная*, *эллипс*, *эволюция*и т.д., если правильная идея присутствует в его уме, когда он их использует. С другой стороны, независимо от того, насколько хорошо он может знать их этимологию, его знания будут ему мало полезны, если отсутствует правильная идея. Попросите среднестатистического и достаточно образованного классика перевести вам несколько строк из "*Принципов*" Ньютона или из "*Часослова*" Гюйгенса, и вы сразу обнаружите, какую чрезвычайно подчиненную роль играет простое знание языка в подобных вещах. Без связанной с ним мысли слово остается простым звуком. Мода на использование греческих и латинских обозначений — ибо ничем другим ее назвать нельзя — имеет естественные исторические корни; эта практика не может внезапно исчезнуть, но в последнее время она значительно вышла из употребления. Термины*газ*, *ом*, *Ампер*, *вольт* и т.д. Используются во всем мире, но они не являются ни латинскими, ни греческими. Только человек, который ценит несущественную и случайную оболочку выше, чем ее содержание, может говорить о необходимости изучения латыни или греческого по таким причинам, не говоря уже о том, чтобы потратить на это восемь или десять лет. Разве словарь не предоставит за несколько секунд всю необходимую информацию по этим предметам?[117]

Бесспорно, что наша современная цивилизация подхватила нити древней цивилизации, что во многих моментах она начинается там, где закончилась последняя, и что столетия назад остатки древней культуры были единственной культурой, существовавшей в Европе. Тогда, конечно, классическое образование действительно было либеральным образованием, высшим образованием, идеальным образованием, поскольку это было*единственное* образование. Но когда то же самое утверждение теперь выдвигается в защиту классического образования, оно должно быть бескомпромиссно оспорено как лишенное всякого основания. Ибо наша цивилизация постепенно достигла своей независимости; она поднялась намного выше древней цивилизации и вступила в целом на новые направления прогресса. Его отличительной чертой является просвещение, которое пришло благодаря великим математическим и физическим

исследованиям последних столетий и которое проникло не только в практические искусства и отрасли промышленности, но и постепенно находит свой путь во все области мысли, включая философию и историю, социологию и лингвистику. Те следы древних воззрений, которые все еще можно обнаружить в философии, праве, искусстве и науке, действуют скорее как помехи, чем помогают, и недолго простоят перед развитием независимых и более естественных взглядов.

Поэтому ученым-классикам не подобает считать себя в наши дни образованным классом*по преимуществу*, осуждать как необразованных всех людей, которые не понимают латыни и греческого, жаловаться, что с такими людьми невозможно вести полезные беседы и т.д. В оборот попали самые восхитительные истории, свидетельствующие о недостаточном образовании ученых и инженеров. Говорят, например, что известный исследователь однажды объявил о своем намерении провести бесплатный курс университетских лекций со словом "фрустрация"; говорят, что инженер, проводивший часы досуга за коллекционированием насекомых, заявил, что изучает "этимологию". Это правда, происшествия такого характера заставляют нас вздрагивать или улыбаться,в зависимости от нашего настроения или темперамента. Но в следующий момент мы должны признать, что, поддавшись таким чувствам, мы просто поддались детскому предрассудку. В использовании таких малопонятных выражений проявляется недостаток такта, но, безусловно, не недостаток образования. Каждый искренний человек признается, что есть много отраслей знания, о которых ему лучше умолчать. Мы не будем настолько безжалостны, чтобы поменяться ролями и обсудить впечатление, которое ученые-классики могли бы произвести на ученого или инженера, говоря о науке. Возможно, о них можно было бы рассказать множество нелепых историй гораздо более серьезного значения, которые должны были бы полностью компенсировать промахи другой стороны.

Взаимная строгость суждений, с которой мы здесь столкнулись, также может заставить нас осознать, насколько на самом деле редка истинно либеральная культура. Мы можем также обнаружить в этом взаимном отношении нечто от того узкого средневекового высокомерия касты, когда человек начинал, в зависимости от особой точки зрения говорящего, с ученого, солдата или дворянина. В нем мало смысла или оценки *общей* задачи человечества, мало понимания необходимости взаимной помощи в великом деле цивилизации, мало широты ума, мало подлинно либеральной культуры.

Знание латыни и частично греческого языка по-прежнему является необходимостью для представителей нескольких профессий, по своей природе более или менее непосредственно связанных с цивилизациями древности, например, для юристов, теологов, филологов, историков и вообще для небольшого числа людей, к которым время от времени я причисляю себя, которые вынуждены искать информацию в латинской литературе только что прошедших веков.[118] Но то, что все молодые люди в поисках высшего образования должны по этой причине с таким избытком изучать латынь и греческий; что лица, намеревающиеся стать врачами и учеными, должны поступать в университеты с недостаточным образованием или даже с неправильным образованием; и что они должны быть вынуждены учиться только в школах, которые *не* дают им надлежащие подготовительные знания, немного перегибает палку.
.

После того, как условия, придававшие изучению латыни и греческого их первостепенное значение, прекратили свое существование, традиционная учебная программа, естественно, была сохранена. Затем были осознаны и отмечены различные эффекты этого метода воспитания, хорошие и плохие, о которых никто не думал при его внедрении. Столь же естественным было и то, что те, кто был сильно заинтересован в сохранении этих знаний, не зная других или живя ими, или по еще каким-либо другим причинам, подчеркивали*хорошие* результаты такого обучения. Они указывали на положительные эффекты, как если бы метод был сознательно нацелен на них и мог быть достигнут только с его помощью.

Одним из реальных преимуществ, которое студенты могли бы извлечь из правильно проведенного курса изучения классики, было бы приобщение к богатым литературным сокровищам древности и близкое знакомство с концепциями и взглядами на мир, которых придерживались две развитые нации. Человек, который читал и понимал греческих и римских авторов, чувствовал и переживал больше, чем тот, кто ограничивается впечатлениями настоящего. Он видит, как люди, оказавшиеся в разных обстоятельствах, судят об одних и тех же вещах совершенно иначе, чем мы делаем сегодня. Таким образом, его собственные суждения станут более независимыми. Опять же, греческие и латинские авторы, бесспорно, являются богатым источником отдыха, просвещения и интеллектуального удовольствия после трудового дня, и отдельный человек, не меньше, чем цивилизованное человечество в целом, останется благодарным им на все времена. Кто не вспоминает с удовольствием странствия Улисса, кто не слушает с радостью простые повествования Геродота, кто когда-нибудь раскаялся бы в том, что познакомился с Диалогами Платона или попробовал божественный юмор Лукиана? Кто отказался бы от взглядов, которые он получил на частную жизнь античности из писем Цицерона, Плавта или Теренция? Для кого портреты Светония не являются бессмертными воспоминаниями? Кто, в самом деле, стал бы отказываться от *любых* знаний, которые он когда-то приобрел?

Однако люди, которые черпают информацию только из этих источников, которые знают только эту культуру, безусловно, не имеют права догматизировать ценность какой-либо другой культуры. Как объект исследования для отдельных людей, эта литература чрезвычайно ценна, но другой вопрос, столь же ли она ценна как почти исключительное средство воспитания нашей молодежи.

Разве не существуют другие народы и другие литературы, у которых мы должны учиться? Разве сама природа не является нашей первой наставницей? Всегда ли нашими высшими образцами должны быть греки с их узким провинциальным складом ума, разделявшим мир на "греков и варваров", с их суевериями, с их вечным вопрошанием оракулов? Аристотель с его неспособностью учиться на фактах, с его наукой о словах; Платон с его тяжелыми, нескончаемыми диалогами, с его бесплодной, порой ребяческой, диалектикой - разве они непревзойденны?[119] Римляне с их апатией, их напыщенной внешностью, оттеняемой

громкими и напыщенными фразами, с их узколобой, филистерской философией, с их неистовой чувственностью, с их жестоким и звериным потворством травле животных и людей, с их возмутительным жестоким обращением и разграблением своих подданных — достойны ли они подражания? Или, может быть, нашей науке следует поучиться трудам Плиния, который называет акушерок авторитетами и сам стоит на их точке зрения?

Кроме того, если бы мы действительно познакомились с древним миром, мы могли бы прийти к какому-то соглашению с защитниками классического образования. Но именно словами и формами, и только формами и словами, снабжается наша молодежь; и даже второстепенные предметы облачаются в смирительную рубашку того же жесткого метода и превращаются в науку о словах, в настоящие чудеса механической памяти. На самом деле мы чувствуем себя отброшенными на тысячу лет назад, в унылые монастырские кельи Средневековья.

Это должно быть изменено. Познакомиться со взглядами греков и римлян можно более коротким путем, чем восьмилетний или десятилетний процесс омертвления интеллекта, состоящий в снижении, сопряжении, анализе и импровизации. Сегодня есть множество образованных людей, которые благодаря хорошим переводам приобрели более яркие, ясные и справедливые представления о классической древности, чем выпускники наших гимназий и колледжей.[120]

Для нас, современных людей, греки и римляне - просто два объекта археологических и исторических исследований, таких же, как и все остальные. Если мы представим их перед нашей молодежью в свежих и живых образах, а не просто в словах и слогах, эффект будет обеспечен. Мы получаем совершенно иное удовольствие от греков, когда обращаемся к ним после изучения результатов современных исследований в области истории цивилизации. Мы читаем многие главы Геродота по-другому, когда нападаем на его труды, снабженные естественнонаучными знаниями и информацией о каменном веке и обитателях озер. То, на что*претендуют* наши классические учебные заведения, может быть и на самом деле будет дано нашей молодежи с гораздо более плодотворными результатами благодаря компетентному *историческому* обучению, которое должно включать не только имена и цифры, не просто историю династий и войн, но быть во всех смыслах этого слова подлинной историей цивилизации.

По-прежнему широко распространено мнение, что, хотя вся "высшая, идеальная культура", все расширение нашего взгляда на мир приобретаются филологическими и в меньшей степени историческими исследованиями, все же математикой и естественными науками не следует пренебрегать из-за их полезности. Это мнение, с которым я должен отказаться согласиться. Было бы странно, если бы человек мог узнать больше, мог черпать больше интеллектуальной пищи из осколков нескольких старых разбитых кувшинов, из камней с надписями или пожелтевших пергаментов, чем из всей остальной природы. Верно, человек - это первая забота человека, но он не единственная его забота.

В том, чтобы перестать считать человека центром мира; в открытии, что земля - это волчок, вращающийся вокруг солнца, которое уносится вместе с ним в бесконечное пространство; в открытии, что в неподвижных звездах существуют те же элементы, что и на земле; в том, чтобы повсюду встречать те же процессы, в которых жизнь человека является лишь исчезающе малой частью, — в таких вещах тоже заключаются расширение нашего взгляда на мир, назидание и поэзия. Здесь, возможно, есть факты более грандиозные и значимые, чем рев раненого Ареса,

или очаровательный остров Калипсо, или океанский поток, омывающий землю. Говорить об относительной ценности этих двух областей мысли, об их поэзии должен только тот, кто знает обе.

"Полезность" физической науки в определенной степени является лишь *побочным* продуктом того полета интеллекта, который породил науку. Однако не следует недооценивать полезность науки тому, кто участвовал в реализации с помощью современного промышленного искусства сказок восточного мира, а тем более тому, на кого эти сокровища были излиты, так сказать, из четвертого измерения, без его помощи или понимания.

Мы также не можем полагать, что наука полезна только практичному человеку. Ее влияние пронизывает все наши дела, всю нашу жизнь; везде ее идеи являются решающими. Насколько иначе мыслит юрист, законодатель или политический экономист, который знает, например, что квадратная миля самой плодородной почвы может поддерживать за счет солнечного тепла, ежегодно потребляемого только определенным количеством людей, которых не может увеличить никакое искусство или наука. Многие экономические теории, которые открывают новые воздушные пути прогресса, воздушные пути в буквальном смысле этого слова, стали бы невозможными из-за такого знания.

Восхвалители классического образования любят подчеркивать развитие вкуса, которое проистекает из работы с древними образцами. Я откровенно признаюсь, что для меня в этом есть что-то абсолютно отвратительное. Итак, чтобы сформировать вкус, наша молодежь должна пожертвовать десятью годами своей жизни! Роскошь имеет приоритет над необходимостью. Неужели у будущих поколений перед лицом трудных проблем, великих социальных вопросов, которые они должны решать с укрепленным умом и сердцем, нет более важных обязанностей, чем эти?

Но давайте предположим, что эта цель была желанной. Может ли вкус формироваться правилами и предписаниями? Не меняются ли идеалы красоты? Разве это не чудовищный абсурд - искусственно заставлять себя восхищаться вещами, которые, при всем их историческом интересе, при всей их красоте в отдельных моментах, по большей части чужды остальным нашим мыслям и чувствам, при условии, что у нас есть таковые *наши собственные*. Нация, которая действительно такова, имеет свой собственный вкус и не пойдет за ним к другим. И у каждого отдельного совершенного человека есть свой собственный вкус.[121]

И в чем, в конце концов, заключается это воспитание вкуса? В усвоении личного литературного стиля нескольких избранных авторов! Что мы должны думать о народе, который заставит свою молодежь через тысячу лет, благодаря многолетней практике, овладеть извилистым или напыщенным стилем какого-нибудь преуспевающего юриста или политика наших дней? Разве мы не должны справедливо обвинить их в прискорбном отсутствии вкуса?

Пагубные последствия этого воображаемого культивирования вкуса находят выражение достаточно часто. Молодой *ученый*, который рассматривает составление научного эссе как

риторическое упражнение, а не простое и неприкрашенное изложение фактов и истины, все еще бессознательно сидит на школьной скамье и все еще невольно представляет точку зрения римлян, для которых составление речей считалось серьезным научным (!) занятием.

Я далек от того, чтобы недооценивать ценность развития речевого инстинкта и более глубокого понимания нашего собственного языка, которое приходит в результате филологических исследований. При изучении иностранного языка, особенно того, который сильно отличается от нашего, знаки и формы слов сначала четко отделяются от мыслей, которые они выражают. Слова максимально близкого соответствия в разных языках никогда полностью не совпадают с идеями, которые они обозначают, но рельефно передают несколько разные аспекты одного и того же явления, и при изучении языка внимание направляется на эти оттенки различий. Но было бы неправомерно утверждать, что изучение латыни и греческого является наиболее плодотворным и естественным, не говоря уже о*единственном*, средством достижения этой цели. Любой, кто доставит себе удовольствие провести несколько часов в обществе китайской грамматики; кто попытается прояснить для себя образ речи и мышления народа, который никогда не продвинулся так далеко в анализе членораздельных звуков, но остановился на анализе слогов, для которого наши алфавитные знаки, следовательно, являются необъяснимой загадкой и который выражает все свои богатые и глубокие мысли с помощью нескольких слогов с переменным ударением и положением, — такой человек,возможно, приобретет новые и чрезвычайно проясняющие идеи о соотношении языка и мышления. Но должны ли наши дети, следовательно, изучать китайский? Конечно, нет. Тогда они больше не должны быть обременены латынью, по крайней мере в той мере, в какой они есть.

Это прекрасное достижение — воспроизвести латинскую мысль на современном языке с максимальной точностью смысла и выражения - для *переводчика*. Более того, мы будем очень благодарны переводчику за его работу. Но требовать этого подвига от каждого образованного человека, не принимая во внимание жертвы времени и труда, которые это влечет за собой, неразумно. И именно по этой причине, как признают учителя классической школы, этот идеал никогда не достигается в совершенстве, за исключением редких случаев, когда ученые обладают особыми талантами и большим трудолюбием. Не умаляя, таким образом, высокой важности изучения древних языков как профессии, мы все же можем быть уверены, что инстинкт речи, который является частью любого гуманитарного образования, может и должен быть приобретен иным способом. Неужели мы действительно были бы навсегда потеряны, если бы греки не жили до нас?

Дело в том, что мы должны выдвигать наши требования дальше, чем представители классической филологии. Мы должны требовать от каждого образованного человека справедливого научного представления о природе и ценности языка, о формировании языка, об изменении значения корней, о вырождении устойчивых форм речи в грамматические, короче говоря, обо всех основных результатах современной сравнительной филологии. Мы должны

рассудить, что этого можно было достичь путем тщательного изучения нашего родного языка и ближайших к нему языков, а затем и более древних языков, от которых произошли первые. Если кто-нибудь возразит, что это слишком сложно и требует слишком большого труда, я бы посоветовал такому человеку поместить рядом английскую, голландскую, датскую, шведскую и немецкую Библии и сравнить несколько строк из них; он будет поражен множеством предложений, которые напрашиваются сами собой.[122] На самом деле, я считаю, что действительно прогрессивное, плодотворное, рациональное и поучительное изучение языков может проводиться только по этому плану. Многие из моих слушателей, возможно, помнят яркий и ободряющий эффект, подобный солнечному лучу в пасмурный день, который произвели скупые и украдкой сделанные замечания по сравнительной филологии в "Греческой грамматике" Курция в этой бесплодной и безжизненной пустыне словесных перебранок.

Основным результатом, получаемым при современном методе изучения древних языков, является тот, который достигается в результате работы студента с их сложной грамматикой. Она заключается в заострении внимания и осуществлении суждения посредством практики подведения особых случаев под общие правила и проведения различия между различными случаями. Очевидно, что тот же результат может быть достигнут многими другими методами; например, сложными карточными играми. Каждая наука, включая математику и физику, достигает такого же, если не большего, успеха в этой дисциплине суждений. Кроме того, вопросы, рассматриваемые этими науками, представляют гораздо больший внутренний интерес для молодых людей и поэтому спонтанно привлекают их внимание; в то время как, с другой стороны, они разъясняют и полезны в других областях, в которых грамматика ничего не может сделать.

Кого волнует, насколько это важно, говорим ли мы *hominum* или *hominorum* в родительном падеже множественного числа, каким бы интересным этот факт ни был для филолога? И кто станет оспаривать, что интеллектуальная потребность в каузальном понимании пробуждается не грамматикой, а естественными науками?

Поэтому в наши намерения ни в малейшей степени не входит оспаривать благотворное влияние, которое изучение латинской и греческой грамматики*также* оказывает на отточенность суждений. Поскольку изучение слов как таковых должно в значительной степени способствовать ясности и точности выражения, поскольку латынь и греческий еще не являются полностью необходимыми для многих отраслей знания, мы охотно уступаем им место в наших школах, но потребовали бы значительного сокращения непропорционально большого количества времени, отводимого им, ошибочно отнятого у других полезных занятий. Мы полностью убеждены в том, что в конце концов латынь и греческий не будут использоваться в качестве универсальных средств обучения. Они будут отложены в сторону ученого или профессионального филолога и постепенно уступят место современным языкам и современной науке о языке.

Давным-давно Локк довел до надлежащих пределов сложившиеся преувеличенные представления о тесной связи мышления и речи, логики и грамматики, а недавние исследователи обосновали его взгляды на еще более прочных основаниях. Насколько мало сложной грамматики необходимо для выражения тонких оттенков мысли, демонстрируют итальянцы и французы, которые, хотя они почти полностью отказались от грамматических излишеств римлян, все же не превосходят последних в точности мысли и чья поэтическая, но особенно научная литература, как никто не будет оспаривать, может выдержать выгодное сравнение с римской.

Вновь рассматривая аргументы, выдвинутые в пользу изучения древних языков, мы вынуждены сказать, что в основном и применительно к современности они совершенно лишены силы. Поскольку цели, которые теоретически преследует это исследование, все еще достойны достижения, они представляются нам в целом слишком узкими, и превзойдены в этом только применяемыми средствами. Почти единственным, бесспорным результатом этого исследования мы должны считать повышение мастерства студента и точности выражений. Человек, склонный к безжалостности, мог бы сказать, что наши гимназии и классические академии готовят людей, которые могут говорить и писать, но, к сожалению, им мало о чем писать или говорить. Об этом широком, либеральном взгляде, об этой знаменитой универсальной культуре, которую, как предполагается, дает классическая учебная программа, не стоит забывать серьезных слов. Эту культуру, возможно, правильнее было бы назвать сжатой или однобокой культурой.

Рассматривая изучение языков, мы бросили несколько косых взглядов на математику и естественные науки. Давайте теперь зададимся вопросом, не могут ли они, как отрасли науки, достичь многого из того, чего нельзя достичь никаким другим способом. Я не встречу никакого противоречия, если скажу, что без хотя бы элементарного математического и научного образования человек остается совершенно чужим в мире, в котором он живет, чужим в цивилизации того времени, которое его носит. Все, что он встречает в природе или в

промышленном мире, либо совсем не привлекает его, поскольку у него нет ни глаз, ни ушей, либо говорит с ним на совершенно непонятном языке.

Однако реальное понимание мира и его цивилизации - не единственный результат изучения математики и физических наук. Гораздо более важным для подготовительной школы является *формальное* совершенствование, которое проистекает из этих занятий, укрепление разума и суждений, упражнение воображения. Математика, физика, химия и так называемые описательные науки настолько схожи в этом отношении, что, за исключением нескольких моментов, нам нет необходимости разделять их в нашем обсуждении.

Логическая последовательность и непрерывность идей, столь необходимые для плодотворного мышления, являются *по преимуществу* результатами математики; способность мысленно следовать фактам, то есть наблюдать или накапливать опыт, в основном развивается естественными науками. Замечаем ли мы, что стороны и углы треугольника соединены определенным образом, что равносторонний треугольник обладает определенными свойствами симметрии, или замечаем ли мы отклонение магнитной стрелки под действием электрического тока, растворение цинка в разбавленной серной кислоте, замечаем ли мы, что крылья бабочки слегка окрашены снизу, а передние крылья мотылька - сверху: здесь мы без разбора исходим из *наблюдений*, из индивидуальных актов непосредственного интуитивного познания. Поле наблюдения более ограничено и находится ближе к математике; оно более разнообразно и шире, но его труднее охватить в естественных науках. Однако важно, чтобы студент научился делать наблюдения во всех этих областях. Философский вопрос о том, являются ли наши акты познания в математике особого рода, здесь для нас не имеет значения. Конечно, верно, что это наблюдение может осуществляться и с помощью языков. Но никто, конечно, не будет отрицать, что конкретные, живые картины, представленные в только что упомянутых областях, обладают иной и более сильной привлекательностью для ума молодежи, чем абстрактные и туманные фигуры, которые предлагает язык и на которые внимание, конечно, не обращают так спонтанно и с такими хорошими результатами.[123]

Наблюдение выявило различные свойства данного геометрического или физического объекта, и было обнаружено, что во многих случаях эти свойства*зависят* некоторым образом друг от друга. Эта взаимозависимость свойств (скажем, равных сторон и равных углов в основании треугольника, отношение давления к движению) нигде не выражена так отчетливо, нигде необходимость и постоянство взаимозависимости не бросаются в глаза так ясно, как в упомянутых областях. Отсюда непрерывность и логическое следствие идей, которые мы приобретаем в этих областях. Относительная простота и наглядность геометрических и физических соотношений обеспечивают здесь условия естественного и легкого прогресса. Отношения равной простоты не встречаются в областях, которые открывает изучение языка. Многие из вас, несомненно, часто удивлялись тому малому уважению к понятиям причины и следствия и их связи, которое иногда встречается среди так называемых представителей классических исследований. Объяснение, вероятно, следует искать в том факте, что аналогичное отношение мотива и действия, знакомое им по их исследованиям, не имеет ничего общего с той ясной простотой и определенностью, которые имеет отношение причины и следствия.

То совершенное ментальное понимание всех возможных случаев, тот экономный порядок и органическое объединение мыслей, которые проистекают из этого, которые превратились для

каждого, кто когда-либо пробовал это, в постоянную потребность, которую он стремится удовлетворить в каждой новой области, могут быть развиты только при использовании относительной простоты математических и научных исследований.

Когда набор фактов вступает в явный конфликт с другим набором фактов и возникает проблема, ее решение обычно заключается в более тонком различении или в более расширенном взгляде на факты, что может быть удачно проиллюстрировано решением Ньютоном проблемы дисперсии. Когда*демонстрируется* или *объясняется*новый математический или научный факт, такая демонстрация также основывается просто на демонстрации связи нового факта с уже известными фактами; например, то, что радиус окружности можно считать хордой ровно шесть раз по кругу, объясняется или доказывается путем деления правильного шестиугольника, вписанного в окружность, на равносторонние треугольники. То, что количество тепла, выделяемое за секунду в проводе, по которому проходит электрический ток, увеличивается вчетверо при удвоении силы тока, мы объясняем удвоением падения потенциала из-за удвоения интенсивности тока, а также удвоением количества проходящего через него, одним словом, из-за увеличения вчетверо проделанной работы. В принципе, объяснение и прямое доказательство мало чем отличаются.

Тот, кто научно решает геометрическую, физическую или техническую проблему, легко замечает, что его процедура представляет собой *методичный* мысленный поиск, ставший возможным благодаря экономическому укладу провинции — упрощенный целенаправленный поиск в противовес неметодичным, ненаучным догадкам. Геометр, например, которому нужно построить окружность, касающуюся двух заданных прямых линий, обращает свой взор на отношения симметрии желаемой конструкции и ищет центр своей окружности исключительно на линии симметрии двух прямых линий. Человек, которому нужен треугольник, у которого заданы два угла и сумма сторон, схватывает в уме определенность формы этого треугольника и ограничивает свои поиски определенной группой треугольников *одинаковой формы*. Таким образом, в самых разных обстоятельствах ощущается простота, интеллектуальная проницаемость предмета математики и естественных наук, что способствует как дисциплине, так и уверенности в себе разума.

Несомненно, обучение математике и естественным наукам позволит достичь гораздо большего, чем сейчас, когда используются более естественные методы. Важным моментом здесь является то, что молодые студенты не должны быть избалованы преждевременным абстрагированием, а должны знакомиться со своим материалом по его живым картинам, прежде чем их заставят работать с ним чисто логическими методами. Хороший запас геометрического опыта можно было бы получить, например, из геометрического черчения и практического построения моделей. На смену бесплодному методу Евклида, который пригоден только для специального, ограниченного применения, должен быть принят более широкий и осознанный метод, как указал Ханкель.[124] Затем, если при рассмотрении геометрии и после того, как она не представляет существенных трудностей, более общие точки зрения, принципы научного метода становятся рельефными и доводятся до сознания, как фон Нагель,[125] Дж. К. Беккер,[126] Манн,[127] и другие хорошо поработали, плодотворные результаты наверняка будут достигнуты. Точно так же предмет естественных наук должен быть ознакомлен с помощью картинок и экспериментов, прежде чем предприниматься попытка более глубокого и аргументированного понимания этих предметов. Здесь акцент на более общих точках зрения следует отложить.

Перед моей нынешней аудиторией было бы излишним продолжать утверждать, что математика и естественные науки являются обоснованными составляющими полноценного образования, — утверждение, с которым после некоторого сопротивления согласились даже филологи. Здесь я могу рассчитывать на согласие, когда скажу, что математика и естественные науки, изучаемые сами по себе как средства обучения, дают более богатое образование по существу и форме, более общее образование, образование, лучше приспособленное к потребностям и духу времени, чем дали бы филологические дисциплины, изучаемые сами по себе.

Но как эта идея будет реализована в учебных программах наших средних учебных заведений? На мой взгляд, бесспорно, что немецкие *Realschulen* и *Realgymnasien*, где исключительный классический курс по большей части заменен математикой, естественными науками и современными языками, дают *среднему* человеку более своевременное образование, чем собственно гимназии, хотя они пока не считаются подходящими подготовительными школами для будущих теологов и профессиональных филологов. Немецкие гимназии слишком односторонни. С ними предстоит внести первые изменения; только о них мы здесь и поговорим. Возможно, *единственная* подготовительная школа, надлежащим образом спланированная, могла бы служить всем целям.

Должны ли мы, в таком случае, в наших гимназиях заполнять часы занятий, которые имеются в нашем распоряжении или которые еще предстоит отнять у классиков, как можно большим и разнообразным количеством математических и научных материалов? Не ожидайте от меня подобного предложения. Никто не предложит такой курс, если сам активно занимался научной мыслью. Мысли можно пробудить и дать плоды, как поле дает плоды солнечный свет и дождь. Но мыслями нельзя жонглировать и волноваться ни с помощью нагромождения материалов и часов обучения, ни с помощью каких-либо предписаний: они должны расти естественным образом, по собственной воле. Более того, мысли не могут накапливаться сверх определенного предела в одной голове, точно так же, как урожайность поля не может быть увеличена сверх определенных пределов.

Я считаю, что количество материала, необходимого для полезного образования, такого, которое должно быть предложено *всем* ученикам подготовительной школы, очень мало. Если бы у меня было необходимое влияние, я бы со всем самообладанием и в полной уверенности, что поступаю наилучшим образом, сначала значительно сократил в младших классах количество материала как по классическим, так и по научным курсам; я бы значительно сократил количество учебных часов и работу, выполняемую вне школы. Я не разделяю мнения многих учителей о том, что десять часов работы в день для ребенка - это не слишком много. Я убежден, что зрелые люди, которые так легкомысленно дают этот совет, сами не в состоянии так долго успешно уделять свое внимание какому-либо новому для них предмету (например, элементарной математике или физике), и я бы попросил каждого, кто думает иначе, провести эксперимент на себе. Обучение - это не рутинная офисная работа, которую можно выполнять механически в течение длительного времени. Но даже такая работа в конце концов утомляет. Если наши молодые люди не хотят поступать в университеты с притупленным и обедненным умом, если они не хотят оставлять в подготовительных школах свою жизненную энергию, которую они должны там черпать, должны произойти великие перемены. Если не принимать во внимание вредное воздействие переутомления на тело, то последствия его для ума кажутся мне поистине ужасными.

Я не знаю ничего более ужасного, чем бедные создания, которые слишком многому научились. Вместо того здравого, сильного суждения, которое, вероятно, выросло бы, если бы они ничему не научились, их мысли робко и гипнотически ползут за словами, принципами и формулами, постоянно одними и теми же путями. То, что они приобрели, - это паутина мыслей, слишком слабая, чтобы обеспечить надежную поддержку, но достаточно сложная, чтобы вызвать замешательство.

Но как сочетать более совершенные методы математического и научного образования с сокращением предмета обучения? Я думаю, путем полного отказа от систематического обучения, по крайней мере, в той мере, в какой это требуется от*всех* юных учеников. Я не вижу никакой необходимости в том, чтобы выпускники наших средних школ и подготовительных заведений были немного филологами и в то же время немного математиками, физиками и ботаниками; на самом деле, я не вижу возможности такого результата. Я вижу в стремлении достичь этого результата, в котором каждый инструктор ищет для своего отделения место отдельно от других, главную ошибку всей нашей системы. Я был бы удовлетворен, если бы каждый молодой студент мог вступить в живой контакт с *несколькими* математическими или научными открытиями и довести их до конечных логических следствий. Такое обучение было бы в основном и естественно связано с избранными произведениями великих классиков науки. Таким образом, можно было бы заставить несколько мощных и ясных идей укорениться в сознании и получить тщательную проработку. Достигнув этого, наша молодежь показала бы себя совсем не так, как сегодня.[128]

Какая необходимость, например, обременять голову молодого студента всеми подробностями ботаники? Ученик, изучающий ботанику под руководством учителя, повсюду находит не безразличные вещи, а известные или неизвестные, которые стимулируют его и делают его достижения постоянными. Я выражаю здесь не свое собственное мнение, а мнение друга, учителя-практика. Опять же, совсем не обязательно, чтобы все материалы, которые предлагаются в школах, были изучены. Лучшее, чему мы научились, то, что осталось с нами на всю жизнь, выдержало испытание экзаменом. Как может разум процветать, когда материя нагромождается на материю, а новые материалы постоянно нагромождаются на старые, непереваренные материалы? Вопрос здесь заключается не столько в накоплении позитивных знаний, сколько в интеллектуальной дисциплине. Также представляется ненужным, чтобы в школе изучались*все* отрасли и чтобы во всех школах проводились одни и те же исследования. Одной филологической, одной исторической, одной математической, одной научной отрасли, изучаемых в качестве общих предметов обучения для всех учеников, достаточно для выполнения всего, что необходимо для интеллектуального развития. С другой стороны, это большее разнообразие в позитивной культуре мужчин создало бы полезный взаимный стимул. Форма превосходна для солдат, но она не подходит для головы. Карл V. усвоил это, и об этом никогда не следует забывать. Напротив, и учителям, и ученикам требуется значительная свобода действий, если они хотят добиться хороших результатов.

Вместе с Джоном Карлом Беккером я придерживаюсь мнения, что полезность и объем каждого исследования для отдельных лиц должны быть точно определены. Все, что превышает эту сумму, должно быть безоговорочно изгнано из низших классов. Что касается математики, Беккер,[129] на мой взгляд, превосходно решил этот вопрос.

В отношении старших классов требование принимает иную форму. Здесь также количество предметов, обязательных для всех учеников, не должно превышать определенного предела. Но при огромном объеме знаний, которые молодой человек должен приобрести сегодня для своей профессии, уже не просто растратить десять лет своей юности на пустые прелюдии. Высшие классы должны обеспечивать действительно полезную подготовку к профессиям, а не должны строиться по образцу потребностей только будущих юристов, министров и филологов. Опять же, было бы и глупо, и невозможно пытаться должным образом подготовить одного и того же человека ко всем различным профессиям. В таком случае функция школ заключалась бы, как и опасался Лихтенберг, просто в отборе лиц, наиболее подходящих для прохождения муштры, в то время как именно лучшие особые таланты, которые не подчиняются огульной дисциплине, были бы исключены из конкурса. Следовательно, в старших классах должна быть введена определенная свобода в выборе занятий, благодаря чему каждый, кто четко определился с выбором своей профессии, сможет посвятить свое главное внимание либо изучению филолого-исторических, либо математико-научных дисциплин. Тогда рассматриваемый сейчас вопрос можно было бы сохранить, а в некоторых отраслях, возможно, разумно расширить,[130], не обременяя ученого многими отраслями или не увеличивая количество часов обучения. При более однородной работе трудоспособность студента возрастает, одна часть его труда поддерживает другую, а не мешает ей. Однако, если молодой человек впоследствии выберет другую профессию, то это *его* дело - наверстать упущенное. Это изменение, безусловно, не принесет обществу никакого вреда, и нельзя считать несчастьем, если время от времени будут появляться филологи и юристы с математическим образованием или ученые-физики с классическим образованием.

В настоящее время широко распространено мнение, что латинское и греческое образование больше не отвечает общим потребностям времени, что существует более подходящее, более "либеральное" образование. Фраза "гуманитарное образование" использовалась не по назначению. По-настоящему гуманитарное образование, несомненно, встречается очень редко.*Школы* вряд ли могут предложить такое; в лучшем случае они могут только донести до ученика мысль о необходимости этого. Таким образом, его дело - получить, насколько это возможно, более или менее либеральное образование. Кроме того, было бы очень трудно в какой-то момент дать определение "либерального" образования, которое удовлетворило бы каждого, и еще труднее дать такое, которое действовало бы в течение ста лет. Образовательный идеал, на самом деле, сильно различается. Одному кажется, что знание классической древности не так уж дорого покупается "с ранней смертью". Мы не возражаем против того, чтобы этот человек или те, кто мыслит подобно ему, преследовали свои идеалы по-своему. Но мы, конечно, можем решительно протестовать против воплощения таких идеалов в наших собственных детях. Другой, — например, Платон, — ставит людей, несведущих в геометрии, на один уровень с животными.[131] Если бы такие узкие взгляды обладали магической силой волшебницы Цирцеи, многие мужчины, которые, возможно, справедливо считали себя хорошо образованными, осознали бы не очень лестную трансформацию самого себя. Поэтому давайте

стремиться к тому, чтобы наша система образования отвечала потребностям настоящего, а не устанавливала предрассудки на будущее.

Но как получилось, мы должны спросить, что такие устаревшие учреждения, как немецкие гимназии, могли так долго существовать вопреки общественному мнению? Ответ прост. Школы были впервые организованы Церковью; со времен Реформации они находились в руках государства. В таком крупном масштабе этот план дает много преимуществ. В распоряжение образования могут быть предоставлены средства, которые не мог предоставить ни один частный источник, по крайней мере в Европе. Работа может проводиться по одному и тому же плану во многих школах, и поэтому проводятся эксперименты широкого масштаба, которые в противном случае были бы невозможны. Одинокий человек, обладающий влиянием и идеями, может при таких обстоятельствах совершить великие дела для развития образования.

Но у этого дела есть и обратная сторона. Партия власти действует в своих собственных интересах, использует школы в своих особых целях. Конкуренция в сфере образования исключается, поскольку все успешные попытки совершенствования невозможны, если они не предпринимаются или не разрешаются государством. Из-за единообразия народного образования некогда вошедший в моду предрассудок закрепляется надолго. Самый высокий интеллект, самая сильная воля не могут свергнуть его внезапно. Фактически, поскольку все приспособлено к рассматриваемому представлению, внезапное изменение было бы физически невозможно. Два класса, которые фактически держат бразды правления в государстве, юристы и теологи, знают только одностороннюю, преимущественно классическую культуру, которую они приобрели в государственных школах, и хотели бы, чтобы только эта культура ценилась. Другие принимают это мнение из легковерия; другие, недооценивая свою истинную ценность для общества, преклоняются перед силой господствующего мнения; третьи, опять же, влияют на мнение правящих классов даже вопреки их здравому смыслу, чтобы оставаться на одном уровне уважения с последними. Я не стану выдвигать никаких обвинений, но должен признаться, что поведение медиков по отношению к вопросу о квалификации выпускников вашей*Реальной школы* часто производило на меня такое впечатление. Давайте, наконец, вспомним, что влиятельный государственный деятель, даже в рамках, установленных для него законом и общественным мнением, может нанести серьезный вред делу образования, считая свои собственные односторонние взгляды непогрешимыми и проводя их в жизнь опрометчиво и бесцеремонно, что не только *может* случиться, но и случалось неоднократно.[132] Монополия государства на образование[133] таким образом, приобретает в наших глазах несколько иной аспект. И если вернуться к заданному выше вопросу, то нет ни малейшего сомнения в том, что немецкие гимназии в их нынешнем виде давно прекратили бы свое существование, если бы государство их не поддерживало.

Все это должно быть изменено. Но изменение не произойдет само по себе и без нашего энергетического вмешательства, и оно будет происходить медленно. Но путь для нас намечен, воля народа должна приобрести и оказывать на наше школьное законодательство все большее и более мощное влияние. Кроме того, рассматриваемые вопросы должны быть публично и откровенно обсуждены, чтобы можно было прояснить взгляды людей. Все, кто чувствует недостаточность существующего*режима*, должны объединиться в мощную организацию, чтобы их взгляды приобрели весомость, а мнения отдельных людей не остались неуслышанными.

Недавно я прочитал, джентльмены, в превосходной книге о путешествиях, что китайцы неохотно говорят о политике. Разговоры такого рода обычно обрываются замечанием, что они могут беспокоиться о таких вещах, чье это дело и кому за это платят. Теперь мне кажется, что это не только дело государства, но и очень серьезная забота всех нас - как наши дети будут получать образование в государственных школах за*наш* счет.

ПРИЛОЖЕНИЕ.

Я.

ВКЛАД В ИСТОРИЮ АКУСТИКИ.[134]

Во время поиска документов Амонтона мне в руки попало несколько томов Воспоминаний Парижской академии за первые годы XVIII века. Трудно передать восторг, который испытываешь, пробегая глазами по страницам этих томов. Как настоящий зритель, можно наблюдать почти за появлением самых важных открытий и быть свидетелем прогресса многих областей знания от почти полного невежества до относительно совершенной ясности.

Я предлагаю обсудить здесь фундаментальные исследования Совера в области акустики. Удивительно, насколько необычайно близок был Совер к точке зрения, которую Гельмгольц был первым, кто принял в полном объеме сто пятьдесят лет спустя.

В *Истории академии* за 1700 год, стр. 131, говорится, что Соверу удалось сделать музыку объектом научных исследований и что он дал новой науке название "акустика". На пяти следующих друг за другом страницах записан ряд открытий, которые более полно обсуждаются в книге за следующий год.

Совер рассматривает *простоту* получения соотношений между частотами вибрации созвучий как нечто общеизвестное.[135] Он надеется путем дальнейших исследований определить главные правила музыкальной композиции и постичь "метафизику приятного", главным законом которой, по его утверждению, является объединение "простоты с многообразием". Точно так же, как несколько лет спустя сделал Эйлер[136], он считает созвучие более совершенным, поскольку соотношение скоростей его колебаний выражается меньшими целыми числами, потому что чем меньше эти целые числа, тем чаще вибрации двух тонов совпадают, и, следовательно, тем легче они воспринимаются. В качестве предела созвучия он принимает соотношение 5:6, хотя и не скрывает того факта, что практика, обостренное внимание, привычка, вкус и даже предубеждение играют в этом вопросе сопутствующие роли и что, следовательно, вопрос не является чисто научным.

Идеи Совера получили свое развитие благодаря тому, что он во всех отношениях провел более точные количественные исследования, чем его предшественники. Сначала он желает определить в качестве основы музыкальной настройки фиксированную ноту из ста колебаний, которая может быть воспроизведена в любое время; фиксация нот музыкальных инструментов обычными в то время настраиваемыми трубами с неизвестными частотами вибрации кажется ему неадекватной. Согласно Мерсенну (*Harmonie Universelle*, 1636), данный шнур длиной семнадцать футов и весом восемь фунтов совершает восемь видимых колебаний в секунду. Затем, уменьшая его длину в заданной пропорции, мы получаем пропорционально

увеличенную частоту вибрации. Но эта процедура кажется Соверу слишком неопределенной, и он использует для своей цели ритмы (*battemens*), которые были известны производителям органов того времени и которые он правильно объясняет как происходящие из-за попеременного совпадения и неслучайности одних и тех же вибрационных фаз разнозвучных нот.[137] При каждом совпадении происходит усиление звука, и, следовательно, количество ударов в секунду будет равно разнице скоростей вибрации. Если мы настроим две из трех органных труб на оставшуюся в соотношении малой и мажорной терции, то взаимное соотношение скоростей вибрации первых двух будет равно 24: 25, то есть на каждые 24 колебания более низкой ноты будет приходиться 25 колебаний более высокой и один такт. Если две трубы дают вместе четыре удара в секунду, то более высокая имеет фиксированный тон в 100 колебаний. Следовательно, рассматриваемая открытая труба будет иметь пять футов в длину. С помощью этой процедуры мы также определяем абсолютные частоты вибрации всех остальных нот.

Из этого сразу следует, что труба в восемь раз длиннее или 40 футов в длину будет давать частоту колебаний 12-1/2, которую Совер относит к самому низкому слышимому тону, и, кроме того, труба в 64 раза меньшего размера будет производить 6400 колебаний, которые Совер принял за наивысший предел слышимости. Здесь безошибочно выражено восхищение автора успешным перечислением "неуловимых вибраций", и оно оправдано, если мы подумаем о том, что сегодня даже принцип Совера, слегка модифицированный, представляет собой самое простое и деликатное средство, которое у нас есть для точного определения частоты вибраций. Однако еще более важным является второе наблюдение, которое Совер сделал, изучая ритмы, и к которому мы вернемся позже.

Со струнами, длину которых можно изменять с помощью подвижных перемычек, в таких исследованиях обращаться намного проще, чем с трубами, и было естественно, что Sauveur вскоре прибегнул к их использованию.

Поскольку один из его мостов случайно не был приведен в полный и жесткий контакт со струной и, следовательно, лишь частично подавлял вибрации, Совер обнаружил гармонические обертоны струны, сначала невооруженным ухом, и из этого факта заключил, что струна разделена на несколько частей. Струна при щипке, например, когда мост стоял на третьем делении, издавала двенадцатую свою основную ноту. По предложению некоего академика[138] вероятно, в узлах (*noeuds*) и вентральных сегментах (*ventres*) были размещены разноцветные бумажные всадники, и разделение струны из-за возбуждения обертонов (*sons harmoniques*), принадлежащих к ее основной ноте (*sons fondamental*), таким образом, было передано видимый. Неуклюжий мост вскоре заменили более удобным пером или кистью. . Занимаясь этими исследованиями, Совер также наблюдал симпатическую вибрацию струны, вызванную возбуждением второй струны в унисон с ней. Он также обнаружил, что обертон струны может откликаться на другую струну, настроенную на ее ноту. Он даже пошел дальше и обнаружил, что при возбуждении одной струны обертон, который у нее общий с другой, струной разной высоты, может быть получен на этой другой; например, на струнах, имеющих соотношение вибраций 3: 4, можно заставить откликнуться четвертую из нижних и третью из высших. Из этого бесспорно следует, что возбужденная струна издает обертоны одновременно со своим основным тоном. Ранее внимание этого ученого было привлечено другими наблюдателями к тому факту, что обертоны музыкальных инструментов можно уловить при внимательном прослушивании, особенно ночью.[139] Он сам упоминает одновременное звучание обертонов и основного

тона.[140] То, что он не уделил должного внимания этому обстоятельству, было, как мы увидим впоследствии, фатальным для его теории.

Во время изучения beats Совер замечает, что они *неприятны* для слуха. Он утверждал, что удары были отчетливо слышны только тогда, когда в секунду происходило менее шести ударов. Большее число ударов не было отчетливо различимо и, соответственно, не вызывало никаких помех. Затем он пытается свести разницу между консонансом и диссонансом к вопросу о ритмах. Давайте послушаем его собственные слова.[141]

"Ритмы неприятны для слуха из-за неравномерности звучания, и можно с большим основанием утверждать, что причина, по которой октавы так приятны, заключается в том, что мы никогда не слышим их ударов.[142]

Развивая эту идею, мы обнаруживаем, что аккорды, ударов которых мы не слышим, являются именно теми, которые музыканты называют консонансами, а те, удары которых слышны, являются диссонансами, и что когда аккорд является диссонансом в одной октаве и консонансом в другой, он бьется в одной и не бьется в другой. Следовательно, это называется несовершенным созвучием. С помощью принципов М. Совера, установленных здесь, очень легко установить, какие аккорды бьют и в каких октавах, выше или ниже фиксированной ноты. Если эта гипотеза верна, она раскроет истинный источник правил композиции, доселе неизвестных науке и почти полностью предоставленных суждению на слух. Такого рода естественные суждения, какими бы чудесными они иногда ни казались, таковыми не являются, но имеют вполне реальные причины, знание которых принадлежит науке при условии, что она может ими овладеть ".[143]

Таким образом, Совер правильно распознает в ударах причину нарушения созвучия, к которой "вероятно" следует отнести всю дисгармонию. Однако будет видно, что, согласно его взгляду, все отдаленные интервалы обязательно должны быть консонансами, а все ближние интервалы - диссонансами. Он также упускает из виду абсолютную принципиальную разницу между своей старой точкой зрения, упомянутой в самом начале, и своей новой точкой зрения, скорее пытаясь стереть ее.

Р. Смит[144] принимает к сведению теорию Совера и обращает внимание на первый из вышеупомянутых дефектов. Будучи сам по существу приверженцем старого взгляда на Совера, который обычно приписывают Эйлеру, он все же в своей критике на краткий шаг приближается к современной теории, как явствует из следующего отрывка.[145]

"Правда в том, что этот джентльмен путает различие между совершенными и несовершенными согласными, сравнивая несовершенные согласные, которые бьются, потому что последовательность их коротких циклов[146] периодически путается и прерывается, с совершенными, которые не могут бить, потому что последовательность их коротких циклов никогда не путается и не прерывается.

Упомянутая выше *трепещущая шероховатость* заметна во всех других совершенных созвучиях, в меньшей степени по мере того, как их циклы короче и проще, а высота звука выше; и они *иного рода*, чем *более плавные удары* и колебания *темперированных созвучий*; потому что мы можем изменять частоту последних, изменяя темперамент, но не

первых, поскольку созвучие совершенно на данной высоте: И потому, что чуткое ухо часто может услышать одновременно оба порхание и удары темперированного созвучия; достаточно отличные друг от друга.

Ибо ничто так не оскорбляет слушателя, хотя он и не знает причины этого, как эти быстрые, пронзительные удары высоких и громких звуков, которые создают несовершенное созвучие друг с другом. И все же несколько медленных ударов, похожих на время от времени появляющиеся медленные колебания при близком встряхивании, отнюдь не неприятны ".

Соответственно, Смиту ясно, что существуют и другие "шероховатости", помимо тактов, которые рассматривал Совер, и если бы исследования были продолжены на основе идеи Совера, эти дополнительные шероховатости оказались бы тактами обертонов, и теория, таким образом, достигла бы точки зрения Гельмгольца.

Анализируя различия между теориями Совера и Гельмгольца, мы обнаруживаем следующее:

1. Теория, согласно которой созвучие зависит от частого и регулярного совпадения вибраций и простоты их перечисления, представляется с новой точки зрения неприемлемой. Простота получения соотношений между скоростями вибрации действительно является*математической* характеристикой созвучия, а также его *физическим* условием, по той причине, что совпадение обертонов, а также их дальнейшие физические и физиологические последствия связаны с этим фактом. Но этот факт не дает никакого *физиологического* или *психологического* объяснения созвучия по той простой причине, что в слуховом нервном процессе невозможно обнаружить ничего, соответствующего периодичности звучащего стимула.

2. В признании ритмов нарушением созвучия сходятся обе теории. Теория Совера, однако, не принимает во внимание тот факт, что лязг или музыкальные звуки в целом являются составными и что нарушения в созвучиях отдаленных интервалов в основном возникают из-за ритмов обертонов. Более того, Совер был неправ, утверждая, что количество ударов должно быть меньше шести в секунду, чтобы вызвать помехи. Даже Смит знает, что очень медленные удары не являются причиной возмущения, а Гельмгольц обнаружил гораздо большее число (33) для максимального возмущения. Наконец, Совер не учел, что, хотя количество ударов увеличивается с отступлением от унисона, все же их *сила* уменьшается. На основе принципа специфических энергий и законов симпатической вибрации новая теория обнаруживает, что два атмосферных движения одинаковой амплитуды, но разных периодов, $a \sin(rt)$ и $a \sin[(r + \rho)(t + \tau)]$, не могут быть переданы с одинаковой амплитудой одному и тому же нервному конечному органу. Напротив, конечный орган, который лучше всего реагирует на период r, слабее реагирует на период $r + \rho$, причем две амплитуды относятся друг к другу в соотношении a: ϕa. Здесь ϕ уменьшается при увеличении ρ, и при $\rho = 0$ оно становится равным 1, так что биениям подвергается только часть стимула ϕa, а часть $(1-\phi)a$ продолжается плавно, без помех.

Если и есть какая-то мораль, которую можно извлечь из истории этой теории, так это то, что, учитывая, насколько ошибки Совера были близки к истине, нам следует проявлять некоторую осторожность и в отношении новой теории. И на самом деле, похоже, для этого есть причина.

Тот факт, что музыкант никогда не перепутает более идеально созвучный аккорд на плохо настроенном пианино с менее идеально созвучным аккордом на хорошо настроенном пианино,

хотя шероховатость в обоих случаях может быть одинаковой, является достаточным указанием на то, что степень шероховатости - не единственная характеристика гармонии. Как известно музыканту, даже гармоническую красоту сонаты Бетховена нелегко стереть на плохо настроенном фортепиано; они едва ли страдают больше, чем рисунок Рафаэля, выполненный грубыми незаконченными штрихами. *Положительная физиологико-психологическая* характеристика, которая отличает одну гармонию от другой, дается не ритмами. Эта характеристика также не проявляется в том факте, что, например, при звучании мажорной терции пятый частичный тон более низкой ноты совпадает с четвертым тоном более высокой ноты. Эта характеристика принимается во внимание только для исследующего и абстрагирующего разума. Если бы мы рассматривали это также как характеристику ощущения, мы впали бы в фундаментальную ошибку, которая была бы совершенно аналогична той, что приведена в (1).

The *Положительные физиологические* характеристики интервалов, несомненно, были бы быстро выявлены, если бы было возможно проводить апериодические, например гальванические, стимулы к отдельным органам восприятия звука, и в этом случае удары были бы полностью устранены. К сожалению, такой эксперимент вряд ли можно считать осуществимым. Использование акустических стимулов короткой продолжительности и, следовательно, также свободных от биений, сопряжено с дополнительной трудностью, связанной с тем, что высоту звука невозможно точно определить.

II.

ЗАМЕЧАНИЯ По ТЕОРИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗРЕНИЯ.[147]

Согласно Гербарту, пространственное зрение основывается на репродуктивных сериях. В таком случае, конечно, и если предположение верно, величины остатка, с которым объединяются восприятия или репрезентации (способствующие объединению), оказывают кардинальное влияние. Более того, поскольку сращивания сначала должны быть полностью доведены до совершенства, прежде чем они появятся, и поскольку при их появлении, в конечном счете, вступают в действие тормозящие соотношения, то, если мы оставим в стороне случайный порядок времени, в котором даются восприятия, все в пространственном видении зависит от противоположностей и сродств, или, короче говоря, от качеств восприятий, которые входят в ряд.

Давайте посмотрим, как обстоит дело с теорией по отношению к задействованным специальным фактам.

1. Если для создания пространственного ощущения необходимы только пересекающиеся ряды, идущие спереди и сзади, то почему их аналоги не обнаруживаются во всех органах чувств?

2. Почему мы измеряем объекты разного цвета и пестрые объекты одной и той же пространственной мерой? Как мы распознаем объекты разного цвета как одинаковые по размеру? Откуда мы берем нашу меру пространства и что это такое?

3. Почему по-разному окрашенные фигуры одной и той же формы воспроизводят друг друга и распознаются как одинаковые?

Здесь достаточно трудностей. Гербарт не в состоянии решить их с помощью своей теории. Непредвзятый ученик сразу видит, что его "торможение по причине формы" и "предпочтение по причине формы" абсолютно невозможны. Подумайте о примере Гербарта с красными и черными буквами.

"Помощь в объединении" - это, так сказать, паспорт, оформленный на имя и личность перцепта. Восприятие, слившееся с другим, не может воспроизвести все другие, качественно отличные от него, по той простой причине, что последние подобным же образом сливаются друг с другом. Две качественно разные серии, конечно, не воспроизводят друг друга, потому что они представляют одинаковый порядок степени слияния.

Если достоверно, что воспроизводятся только одновременные и похожие друг на друга вещи - основной принцип психологии Гербарта, который не будут отрицать даже самые абсолютные эмпирики, - то не остается ничего, кроме как модифицировать теорию пространственного восприятия или изобрести вместо нее новый принцип указанным способом, шаг, который вряд ли кто-нибудь предпринял бы всерьез. Новый принцип не мог не привести всю психологию в ужаснейшее замешательство.

Что касается модификации, которая необходима, вряд ли могут быть какие-либо сомнения относительно того, как перед лицом фактов и в соответствии с собственными принципами Гербарта это должно быть осуществлено. Если две фигуры одинакового размера, окрашенные по-разному, воспроизводят друг друга и признаются равными, результат может быть обусловлен не чем иным, как наличием в обеих сериях представлений представления или восприятия, которые являются качественно*одинаковыми*. Цвета разные. Следовательно, подобные или равные восприятия должны быть связаны с цветами, которые, тем не менее, независимы от цветов. Нам не нужно долго искать их, ибо они являются подобными эффектам мышечных ощущений глаза при столкновении с двумя фигурами. Мы могли бы сказать, что достигаем видения пространства путем регистрации световых ощущений в графике постепенных мышечных ощущений.[148]

Несколько соображений покажут вероятность роли мышечных ощущений. Мышечный аппарат *одного* глаза несимметричен. Два глаза вместе образуют систему вертикальной симметрии. Это уже многое объясняет.

1. *Положение* фигуры влияет на ее вид. В зависимости от положения, в котором рассматриваются объекты, вступают в игру различные мышечные ощущения и меняется впечатление. Чтобы распознать перевернутые буквы таким образом, требуется большой опыт. Лучшим доказательством этого являются буквы d, b, p, q, которые представлены одной и той же фигурой в разных положениях и все же всегда различаются как разные.[149]

2. От внимательного наблюдателя не ускользнет, что по тем же причинам и даже при той же фигуре и в том же положении точка фиксации также является решающей. Кажется, что фигура меняется *во* время акта видения. Например, восьмиконечная звезда, построенная путем последовательного соединения в правильном восьмиугольнике первого угла с четвертым, четвертого с седьмым и т.д., пропускающая в каждом случае два угла, попеременно принимает, в зависимости от того, где мы переносим центр зрения, преимущественно архитектурный или

более свободный и открытый характер. Вертикальные и горизонтальные линии всегда воспринимаются иначе, чем косые линии.

Рис. 58.

3. Причина, по которой мы предпочитаем вертикальную симметрию и рассматриваем ее как нечто особенное в своем роде, в то время как горизонтальную симметрию мы вообще не сразу распознаем, заключается в вертикальной симметрии мышечного аппарата глаза. Левая сторона *a* сопровождающего вертикально-симметричного рисунка вызывает в левом глазу те же мышечные ощущения, что и правая сторона *b* в правом глазу. Приятный эффект симметрии вызван прежде всего повторением мышечных ощущений. То, что здесь действительно имеет место повторение, иногда достаточно заметное по своему характеру, приводящее к смешению объектов, доказывается помимо теории тем фактом, который знаком каждому*где-то в другом месте*, что дети часто переворачивают цифры справа налево, но никогда сверху вниз; например, пишут ε вместо 3, пока они, наконец, не заметят незначительную разницу. Рисунок 50 показывает, насколько приятным может быть повторение мышечных ощущений. Как легко понять, вертикальные и горизонтальные линии демонстрируют отношения, аналогичные симметричным фигурам, которые немедленно нарушаются, когда для линий выбираются наклонные положения. Сравните, что говорит Гельмгольц о повторении и совпадении частичных тонов.

Рис. 59.

Возможно, мне будет позволено добавить общее замечание. Это вполне универсальный феномен в психологии, когда определенные качественно совершенно различные серии восприятий взаимно пробуждают и воспроизводят друг друга и в определенном аспекте создают видимость тождества или сходства. Мы говорим о таких рядах, что они имеют подобную форму, называя их абстрактным подобием*формы*.

1. О пространственных фигурах мы уже говорили.

2. Мы называем две мелодии похожими на мелодии, когда они представляют одинаковую последовательность соотношений высоты звука; абсолютная высота звука (или тональность) может отличаться настолько, насколько это возможно. Мы можем так выбирать мелодии, что даже две полутона нот в каждой из них не будут общими. И все же

мы распознаем мелодии как похожие. И, более того, мы легче замечаем форму мелодии и узнаем ее снова, чем тональность (абсолютную высоту звука), в которой она была сыграна.

3. Мы распознаем в двух разных мелодиях один и тот же ритм, независимо от того, насколько разными могут быть мелодии в остальном. Мы узнаем ритм даже легче, чем абсолютную длительность (темп).

Этих примеров будет достаточно. Во всех этих и во всех подобных случаях узнавание и сходство не могут зависеть от качеств восприятий, поскольку они различны. С другой стороны, распознавание, соответствующее принципам психологии, возможно только при одинаковых по качеству восприятиях. Следовательно, нет другого выхода, кроме как представить качественно непохожие восприятия двух серий как неизбежно связанные с другими восприятиями, которые качественно сходны.

Поскольку в неодинаково окрашенных фигурах одинаковой формы обязательно вызываются сходные мышечные ощущения, если фигуры распознаются как сходные, то в основе всех форм также обязательно должны лежать и, мы могли бы даже сказать, в основе всех абстракций, восприятия особого качества. И это справедливо как для пространства и формы, так и для времени, ритма, высоты тона, формы мелодий, интенсивности и т.д. Но откуда психология черпает все эти качества? Не бойтесь, все они будут найдены, как были найдены ощущения мышц для теории пространства. Организм в настоящее время все еще достаточно богат, чтобы отвечать всем требованиям психологии в этом направлении, и настало даже время серьезно прислушаться к вопросу о "телесном резонансе", на котором психология так любит останавливаться.

Различные психические качества, по-видимому, находятся в очень тесной взаимосвязи друг с другом. Специальное исследование по этому вопросу, а также демонстрация того, что это замечание может быть широко использовано в физике, последуют позже.[150]

НАУКА МЕХАНИКА.

КРИТИЧЕСКОЕ И ИСТОРИЧЕСКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ЕГО ПРИНЦИПОВ.

Автор: ДОКТОР ЭРНСТ МАХ.

ПРОФЕССОР ИСТОРИИ И ТЕОРИИ ИНДУКТИВНОЙ НАУКИ В ВЕНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ.

Перевод со Второго немецкого издания
ТОМАСА Дж. Маккормака.

---

250 вырезок. 534 страницы. Половинка сафьяна, позолоченный верх, анализ полей. Исчерпывающий указатель. Цена $2.50.

Содержание.

Статика.

- Рычаг.
- Наклонная плоскость.
- Состав сил.
- Виртуальные скорости.
- Статика в ее применении к жидкостям.
- Статика в ее применении к газам.

Динамика.

- Достижения Галилея.
- Достижения Гюйгенса.
- Достижения Ньютона.
- Принцип реакции.
- Критика принципа реакции и концепции массы.
- Взгляды Ньютона на время, пространство и движение.
- Критика ньютоновских высказываний.
- Ретроспектива развития Динамики.

Расширение принципов механики.

- Сфера применения ньютоновских принципов.
- Формулы и единицы механики.
- Сохранение импульса, сохранение Центра тяжести и сохранение площадей.
- Законы воздействия.
- Принцип Д'Аламбера.
- Принцип *Vis Viva*.
- Принцип наименьшего ограничения.
- Принцип наименьшего действия.
- Принцип Гамильтона.
- Вопросы гидростатики и гидродинамики.

Формальное развитие механики.

- Изопериметрические задачи.
- Теологические, анимистические и мистические точки зрения в механике.
- Аналитическая механика.
- Экономика науки.

Отношение механики к другим областям знания.

- Связь механики с физикой.
- Связь механики с физиологией.

УВЕДОМЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЕССЫ.

"Появление перевода на английский язык этой замечательной книги должно послужить возрождению в этой стране [Англии] несколько застойного подхода к ее предмету и должно вызвать мысли, которые озадачивают нас, когда мы думаем о них, а это случается недостаточно часто.... Профессор Мах является ярким примером сочетания больших математических знаний с экспериментальным мастерством, о чем свидетельствуют не только элегантные иллюстрации механических принципов, которыми изобилует этот трактат, но и его блестящие эксперименты по фотографированию пуль.... Тщательное изучение работ профессора Маха и использование большего количества экспериментальных иллюстраций в соответствии с линиями, изложенными в интересных диаграммах его*науки механики*, многое сделают для возрождения теоретической механики, созданной из элементов строгим логическим подходом ". — Профессор А. Г. Гринхилл, в*Nature*, Лондон.

"Те, кому интересно узнать, как развивались принципы механики, из какого источника они берут свое начало и насколько их можно считать позитивными и постоянными, найдут талантливый трактат доктора Маха восхитительно интересным.... Книга примечательна во многих отношениях, а сочетание истории с новейшими научными принципами и абсолютными математическими выводами делает ее чрезвычайно привлекательной". —*Мир механики*, Манчестер и Лондон, Англия.

"Механика Маха уникальна. Это не учебник, но она является полезным дополнением к обычному учебнику. Последний обычно представляет собой скелет, полный математических символов и других абстракций. В книге Маха есть "мускулы и одежда", и, будучи написанной с исторической точки зрения, она последовательно знакомит с ведущими авторами, рассказывает, что они делали и как они это делали, и часто какими людьми они были. Таким образом, страницы как бы светятся определенным гуманизмом, весьма приятным в научной книге.... Книга красиво напечатана и заслуживает теплого приема со стороны всех, кто интересуется прогрессом науки". —*The Physical Review*, Нью-Йорк и Лондон.

"Мистер Т. Дж. Маккормак своим эффективным переводом, где перевод был нелегкой задачей, этого виртуозного трактата о самой ранней и фундаментальной из наук оказал немалую услугу англоговорящему студенту. Немецкий и английский языки обычно считаются непревзойденными по своей ценности как инструменты для выражения научной мысли; но перевод всей сложной работы с одного на другой, чтобы сохранить весь смысл и дух оригинала и легко и естественно придать ему новую форму, является задачей величайшей сложности, и когда она выполняется так хорошо, как в данном случае, заслуживает большой похвалы. Доктор Мах установил для своих собственных работ максимально строгий стандарт суждения. Ожидать от книг такого мастера не большего, чем от элементарных произведений обычного преподавателя естественных наук, было бы неоправданной умеренностью. Наш автор превратил то, что для многих из нас когда-то было курсом, казалось бы, бесполезной умственной гимнастики, достигаемой лишь при огромных затратах интеллектуальных усилий, в исследование, обладающее глубокой философской ценностью и ощущением жизни и

интереса. "Прибыль не растет там, где нет удовольствия", и эмансипированный студент колледжа с удовольствием обратится от узких методов учебника к науке, призванной иллюстрировать посредством широкого и глубокого подхода фундаментальную связь между всеми физическими науками, взятыми вместе". - *The Mining Journal*, Лондон, Англия.

"Как история механики, эта работа достойна восхищения". —*The Nation*, Нью-Йорк.

"Превосходная книга, превосходно иллюстрированная".—*Литературный мир*, Лондон, Англия.

"Излагает элементы своего предмета с ясностью, ясностью и силой, неизвестными в учебниках математики ... превосходно подходит для того, чтобы служить студентам историческим введением в принципы механики ". —*Канадское горно-механическое обозрение*, Оттава, Канада.

"Великолепная книга.... Любому, кто чувствует, что он знает о физике не так много, как следовало бы, мы можем от всего сердца похвалить ее как научный и компетентный трактат ... одновременно интересный и полезный ". — А. М. Веллингтон, в*Engineering News*, Нью-Йорк.

"Книга в целом уникальна и является ценным дополнением к любой научной или философской библиотеке.... Репродукции причудливых старинных портретов и виньетки придают пикантность страницам. Многочисленные заголовки на полях образуют полное представление о работе; и есть еще одно бесценное дополнение - хороший указатель. В целом, издателей следует поздравить ссозданием технической работы, которая является чрезвычайно привлекательной по своему составу ". - Профессор Д. В. Геринг, отдел*науки*.

"Есть еще один момент, за который следует похвалить этот том, и это совершенство перевода. Распространенной ошибкой является то, что книги, представляющие наибольший интерес и ценность в оригинале, чаще всего искажаются или делаются смешными из-за неуклюжего переводчика. Настоящее — примечательное исключение". -*Век железных дорог*.

"Книга превосходно напечатана и переплетена.... Работа с прессом не имеет себе равных ни в одной технической книге, которая попадала к нам в руки за последнее время, а гравюры и рисунки выполнены четко и хорошо ". —*Railroad Gazette*.

ОТЗЫВЫ ВЫДАЮЩИХСЯ ПЕДАГОГОВ.

"Я в восторге от *науки механики*профессора Маха". —*М. Э. Кули*, профессор машиностроения, Энн-Арбор, Мичиган.

"Вы оказали хорошую услугу науке, опубликовав книгу Маха "*Наука механики*" на английском языке. Я воспользуюсь любой возможностью, чтобы рекомендовать его молодым студентам как источник много интересной информации и вдохновения". — *М. И. Пупин*, профессор механики Колумбийского колледжа, Нью-Йорк.

"*Механическая наука* Маха достойна восхищения... книга". — *Профессор Э. А. Фуэртес*, директор Колледжа гражданского строительства Корнельского университета, Итака, Нью-Йорк

"Я поздравляю вас с созданием произведения в таком хорошем стиле и в таком хорошем переводе. Я купил его копию год назад, вскоре после того, как вы его опубликовали. Сама книга

заслуживает высочайшего восхищения; и вы имеете право на благодарность всех англоговорящих физиков за публикацию этого перевода". -*Д. В. Геринг*, профессор физики, Университет города Нью—Йорка, Нью-Йорк.

"Я с большим удовольствием прочитал "*Механическую науку*" Маха. Книга чрезвычайно интересна". — *У. Ф. Мэги*, профессор физики Принстонского университета, Принстон, Нью-Джерси

"*Наука механики* Маха, переведенная Т. Дж. Маккормаком, я считаю наиболее ценным трудом не только для ознакомления изучающего с историей развития механики, но и для того, чтобы представить ему наиболее благоприятным образом фундаментальные идеи механики и их рациональную связь с высшими достижениями математики. Это самая полезная книга для чтения наряду с изучением учебника механики, и я с удовольствием порекомендую ее своим студентам". - *С. В. Робинсон*, профессор машиностроения, Университет штата Огайо, Колумбус, штат Огайо.

"Я в восторге от "Механики" Маха. Я обращу на это внимание студентов и преподавателей, которые изучают механику или физику или преподают их". —*Дж. Э. Дэвис*, Висконсинский университет, Мэдисон, Висконсин.

"Относительно ценности работы Маха в этом переводе может быть только одно мнение. Ни один преподаватель физики не должен обходиться без его копии ". —*Генри Крю*, профессор физики Северо-Западного университета в Эванстоне, Иллинойс.

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЛЕКЦИИ.

ИЗОБРАЖЕНИЕ ДУХА И МЕТОДОВ НАУКИ.

Автор: ДОКТОР ЭРНСТ МАХ.

ПРОФЕССОР ИСТОРИИ И ТЕОРИИ ИНДУКТИВНОЙ НАУКИ В ВЕНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ.

Перевод ТОМАСА Дж. Маккормака.

Третье издание, полностью переработанное и значительно дополненное.

Ткань, позолоченный верх. Исчерпывающий указатель. Страниц, 415. Вырезки, 59. Цена, $ 1.50.

НАЗВАНИЯ ЛЕКЦИЙ.

- Формы жидкостей.
- Волокна Корти.
- О причинах Гармонии.
- О скорости света.

- Почему у человека два глаза?
- О симметрии.
- Об фундаментальных понятиях статического электричества.
- По принципу сохранения энергии.
- Об экономической природе физического исследования.
- О принципе сравнения в физике.
- О роли Случайности в изобретениях и открытиях.
- Об ощущениях ориентации.
- Об относительной образовательной ценности классики и математико-физических наук.
- Вклад в историю акустики.
- Замечания по теории пространственного зрения.
- О трансформации и адаптации в научной мысли.

УВЕДОМЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЕССЫ.

"В высшей степени увлекательная книга, описывающая явления, которые интересуют всех, в восхитительном стиле и с замечательной ясностью. По легкости восприятия и в то же время основательной ценности информации глава "Почему у человека два глаза?" едва ли имеет конкурентов во всем мире научно-популярной литературы ".—*Бостонский путешественник*.

"Поистине замечательные по тому пониманию, которое они дают во взаимосвязи различных областей, культивируемых под названием Физика.... То тут, то там встречается нотка юмора, напоминающая читателю о Хевисайде и никогда не оскорбляющая чей-либо вкус. Эти особенности, а также легкость, с которой мистер Маккормак передал их, делают этот том таким, который с полным основанием можно назвать редким. Дух автора сохранен в таком привлекательном, по—настоящему восхитительном английском языке, что можно быть уверенным, что при переводе ничего не было потеряно". - Проф. Генри Крю, в*"Астрофизическом журнале"*.

"Очень приятная и полезная книга.... Автор рассматривает некоторые из самых трудноразрешимых проблем естествознания таким очаровательно нетехническим способом, с таким богатством ярких иллюстраций, что его смысл становится понятным человеку с обычным интеллектом и образованием.... Это произведение, которому должно быть место в каждой библиотеке, и его следует поощрять к чтению". —*Daily Picayune*, Новый Орлеан.

"В своем переводе мистер Маккормак хорошо сохранил откровенный, простой и приятный стиль этого знаменитого лектора по научным темам. Профессор Мах имеет дело с живыми фактами, важнейшими положениями науки, а не с ее мистицизмом или мертвыми традициями. Он использует простейшие иллюстрации и выражает свои мысли ясно, лаконично и с восхитительной свежестью, которая делает интересным чтение того, что в других руках показалось бы скучным и прозаичным". —*Инженерные новости*, Нью-Йорк

"Обычный читатель простыми шагами проходит восхитительный путь через то, что без такой помощи было бы для него сложным лабиринтом трудностей. Изобретаются чудеса, и наука раскрывается как естественный враг тайн ".—*Чаутокванец*.

"Прекрасное качество работы не омрачено заумными дискуссиями, которые потребовали бы понимания от ученого, но она настолько проста и ясна, что приводит нас в прямой контакт с рассматриваемым вопросом".—*The Boston Post*.

"Мастерское изложение важных научных истин". —*Шотландец*, Эдинбург.

"Эти лекции доктора Маха восхитительно просты и откровенны; в них нет сухости или темноты технических деталей, и наука и обычная жизнь, кажется, не разделены пропастью.... Стиль достоин восхищения, и вся книга кажется восхитительно живой и человечной". —*Журнал "Провиденс"*, R. I.

"Ненаучный читатель, желающий узнать что-нибудь о современных научных теориях и причинах их существования, не может найти ничего лучшего, чем внимательно изучить эти лекции. Английский во всем превосходен, и это говорит о большой заслуге переводчика". —*Производитель и застройщик*.

"Нам нравится спокойный, вдумчивый характер этих лекций". —*Independent*, Нью-Йорк.

"Лекции профессора Маха так приятно написаны и пронизаны таким очарованием иллюстраций, что в них есть весь интерес живой художественной литературы".—*New York Com. Рекламодатель*.

"Литературный и философский подтекст этой книги очень богат".*Послужной список хартфордской семинарии*.

Все изложено так искусно, что можно представить, что слушатели профессора Маха покидали его лекционный зал с убеждением, что наука - это дело абецедарианцев. Понравится тем, кто находит научные сказки более увлекательными, чем художественную литературу".—*The Pilot*, Бостон.

"Профессор Мах ... магистр физики.... Его книга хороша и послужит хорошей цели, как для обучения, так и для внушения ". — Профессор А. Э. Долбир, в *The Dial*.

"В экспозиции раскрываются самые прекрасные идеи". —*Католический мир*, Нью-Йорк.

АНАЛИЗ ОЩУЩЕНИЙ

Автор: ДОКТОР ЭРНСТ МАХ.

ПРОФЕССОР ИСТОРИИ И ТЕОРИИ ИНДУКТИВНОЙ НАУКИ В ВЕНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ.

Страниц, 208. Иллюстраций, 37. Проиндексировано.

(Цена, ткань, 1,25 долл.)

Содержание.

- Вводный: Антиметафизический.
- Основные точки зрения для исследования органов чувств.
- Пространственные ощущения глаза.
- Космическое ощущение, Продолжение.
- Отношения Зрительных Ощущений друг к другу и к другим Психическим элементам.
- Ощущение времени.
- Ощущение звука.
- Влияние предыдущих исследований на способ понимания физики.

"Удивительно оригинальная маленькая книжка. Как и все, что он пишет, гениальное произведение". —*Профессор У. Джеймс* из Гарварда.

"Я считаю каждую работу профессора Маха отдельным приобретением для научной библиотеки". —*Профессор Д. В. Геринг*, Нью-Йоркский университет.

"Нет известной автору работы, которая в своем общенаучном аспекте с большей вероятностью вознаградила бы за тщательное изучение. Все мы так или иначе интересуемся природой, и наши интересы могут быть только усилены и прояснены удивительно оригинальной и полезной книгой Маха. Не будет преувеличением утверждать, что у каждого интеллигентного человека должен быть его экземпляр — и он должен изучить этот экземпляр ". —*Профессор Дж. Э. Тревор*, Корнелл.

"Здесь студенты могут познакомиться с некоторыми открытыми вопросами сенсации и в то же время получить урок очарования научной скромности, которую трудно превзойти". —*Профессор Э. К. Сэнфорд*, Университет Кларка.

"Он демонстрирует острую наблюдательность и остроту мышления, а в качестве иллюстрации приводит множество новых и интересных экспериментов. Более того, стиль легкий и даже живой — редкое достоинство для немецкого прозаического произведения и еще более редкое для перевода". —*Литературный мир*, Лондон.

ЧИКАГО:
Издательская компания "Открытый суд"
ДИРБОРН-СТРИТ, 324.

ЛОНДОН: Киган Пол, Тренч, Трюбнер и компания.

КАТАЛОГ ПУБЛИКАЦИЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВА
OPEN COURT PUBLISHING CO.

КОУП, Э. Д.

ПЕРВИЧНЫЕ ФАКТОРЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ.

121 отрез. Стр., xvi, 547. Ткань, 2,00 доллара, нетто.

MÜLLER, F. MAX.

ТРИ ВВОДНЫЕ ЛЕКЦИИ По НАУКЕ МЫШЛЕНИЯ.

С перепиской о "Мысли без слов" между Ф. Максом Мюллером и Фрэнсисом Гальтоном, герцогом Аргайллом, Джорджем Дж. Романсом и другими. 128 страниц. Ткань - 75 центов. Бумага - 25 центов.

ТРИ ЛЕКЦИИ ПО НАУКЕ О ЯЗЫКЕ.

Дополнительные лекции Оксфордского университета с приложением "Мои предшественники". 112 страниц. 2-е издание. Ткань, 75 центов. Бумага, 25с.

РОМАНЕС, ДЖОРДЖ ДЖОН.

ДАРВИН И ПОСЛЕ ДАРВИНА.

Изложение дарвиновской теории и обсуждение постдарвиновских вопросов. Три тома., $ 4,00. Поодиночке, следующим образом:

1. Теория Дарвина. 460 страниц. 125 иллюстраций. Ткань, 2,00 доллара.

2. Постдарвиновские вопросы. Наследственность и полезность. Стр. 338. $ 1.50.

3. Постдарвиновские вопросы. Изоляция и физиологический отбор. Стр. 181. $1,00.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЙСМАННИЗМА.

236 страниц. Ткань, 1,00 доллара. Бумага, 35 центов.

МЫСЛИ О РЕЛИГИИ.

Под редакцией Чарльза Гора, магистра медицины, каноника Вестминстера. Третье издание, 184 страницы. Ткань, позолоченный верх, 1,25 доллара.

РИБО, Т.

ПСИХОЛОГИЯ ВНИМАНИЯ.

БОЛЕЗНИ ЛИЧНОСТИ.

БОЛЕЗНИ ВОЛИ.

Авторизованные переводы. Ткань - 75 центов каждый. Бумага - 25 центов. *Полный комплект, ткань, 1,75 доллара, нетто*.

MACH, ERNST.

НАУКА МЕХАНИКА.

Критическое и историческое изложение его принципов. Перевод Т. Дж. Маккормака. 250 сокращений. 534 страницы. 1/2 м., позолоченный верх. $2.50.

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЛЕКЦИИ.

Третье издание. 415 страниц. 59 вырезок. Ткань, позолоченный верх. Нетто, 1,50 доллара.

АНАЛИЗ ОЩУЩЕНИЙ.

Стр. 208. 37 отрезов. Ткань, 1,25 доллара, нетто.

ГУДВИН, преподобный Т. А.

ВЛЮБЛЕННЫЕ ТРИ ТЫСЯЧИ ЛЕТ НАЗАД.

Как указано в Песне Песней Соломона. Стр. 41. Доски, 50с.

ХОЛИОУК, Дж. Дж.

АНГЛИЙСКИЙ СЕКУЛЯРИЗМ. Исповедание веры.

Стр. 146. Ткань, 50с., нетто.

CORNILL, CARL HEINRICH.

ПРОРОКИ ИЗРАИЛЯ.

Популярные зарисовки из истории Ветхого Завета. Стр., 200. Ткань, $ 1,00.

ВОЗВЫШЕНИЕ НАРОДА ИЗРАИЛЯ.

Смотрите *"Воплощения трех наук"*ниже.

БИНЕ, АЛЬФРЕД.

ПСИХИЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ МИКРООРГАНИЗМОВ.

Авторизованный перевод. 135 страниц. Ткань - 75 центов; Бумага - 25 центов.

О ДВОЙНОМ СОЗНАНИИ.

Исследования по экспериментальной психологии. 93 страницы. Бумага, 15 центов.

ВАГНЕР, РИХАРД

ПАЛОМНИЧЕСТВО К БЕТХОВЕНУ.

Повесть. Фронтиспис, портрет Бетховена. Стр. 40. Доски, 50с.

WEISMANN, AUGUST.

ЗАРОДЫШЕВЫЙ ОТБОР. Как источник определенной изменчивости.

Стр. 73. Бумага, 25с.

NOIRÉ, LUDWIG.

О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЯЗЫКА. Стр. 57. Документ, 15с.

FREYTAG, GUSTAV.

УТРАЧЕННАЯ РУКОПИСЬ. Роман.

2 тома. 953 страницы. Дополнительная ткань, 4,00 доллара. Один том, кл., 1,00 доллара; бумага, 75 центов.

МАРТИН ЛЮТЕР.

Иллюстрированный. Стр. 130. Ткань, 1,00 доллара. Бумага, 25 центов.

HERING, EWALD.

О ПАМЯТИ и СПЕЦИФИЧЕСКИХ ЭНЕРГИЯХ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ. Стр. 50. Документ, 15с.

ТРАМБАЛЛ, М. М.

БОРЬБА ЗА СВОБОДУ ТОРГОВЛИ В АНГЛИИ.

Второе издание. 296 страниц. Ткань - 75 центов; бумага - 25 центов.

ТАЧКА: Статьи и обсуждения по трудовому вопросу.

С портретом автора. 303 страницы. Ткань - 1,00 доллара; бумага - 35 центов.

ЭРЛ ГРЕЙ О ВЗАИМНОСТИ И РЕФОРМЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ.

С комментариями генерала М. М. Трамбулла. Цена 10 центов.

"КСЕНИИ" ГЕТЕ И ШИЛЛЕРА.

Выбрано и переведено Полом Карусом. Форма альбома. Стр., 162 кл., $ 1,00

OLDENBERG, H.

ДРЕВНЯЯ ИНДИЯ: ЕЕ ЯЗЫК И РЕЛИГИИ.

Стр. 100. Ткань, 50с. Бумага, 25с.

КАРУС, ПОЛ.

ЭТИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА.

90 страниц. Ткань - 50 центов; Бумага - 30 центов.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ.

Второе издание, дополненное и переработанное. 372 стр. кл., 1,50 долл. Бумага, 50с.

ПРОПОВЕДИ НАУКИ.

317 страниц. Ткань, позолоченный верх, 1,50 доллара.

ИДЕЯ БОГА.

Четвертое издание. 32 страницы. Бумага, 15 центов.

ДУША ЧЕЛОВЕКА.

Со 152 вырезами и схемами. 458 страниц. Ткань, 3,00 доллара.

ПРАВДА В ВЫМЫСЛЕ. Двенадцать историй с моралью.

Тонкая бумага, белый с золотом переплет, позолоченные края. Стр. 111. $1,00.

РЕЛИГИЯ НАУКИ.

Второе, дополнительное издание. Цена 50 центов. Издание R. S. L., 25 центов. Стр. 103.

БУКВАРЬ ФИЛОСОФИИ.

240 страниц. Второе издание. Ткань, 1,00 доллара. Бумага, 25 центов.

ТРИ ЛЕКЦИИ: (1) Философия инструмента. Страницы, 24. Документ, 10c. (2) Наша потребность в философии. Страницы, 14. Документ, 5c. (3) Наука как религиозное откровение. Страницы, 21. Документ, 5c.

ЕВАНГЕЛИЕ ОТ БУДДЫ. Согласно старым записям.

4-е издание. Стр., 275. Ткань - 1,00 доллара. Бумага - 35 центов. На немецком - 1,25 доллара.

БУДДИЗМ И ЕГО ХРИСТИАНСКИЕ КРИТИКИ.

Страницы, 311. Ткань, 1,25 доллара.

КАРМА. История раннего буддизма.

Иллюстрации японских художников. 2-е издание. Бумага из гофрированной бумаги, 75 центов.

GARBE, RICHARD.

ИСКУПЛЕНИЕ БРАХМАНА. Повесть из жизни индусов.

Уложенная бумага. Позолоченный верх. 96 страниц. Цена 75 центов. Бумага 25 центов.

ФИЛОСОФИЯ ДРЕВНЕЙ ИНДИИ.

Стр. 89. Ткань, 50c. Бумага, 25c.

ВОПЛОЩЕНИЯ ТРЕХ НАУК.

1. Изучение санскрита. *Х. Ольденберг*. 2. Экспериментальная психология. *Джозеф Джастроу*. 3. Возвышение народа Израиля. Автор *К. Х. Корнилл*. 140 страниц. Ткань, цена снижена до 50 центов.

Библиотека "Религия науки".

Коллекция изданий, выходящих раз в два месяца, большинство из которых представляют собой переиздания книг, издаваемых издательством Open Court Publishing Company. Ежегодно - 1,50 доллара. Отдельные экземпляры по указанным ценам. Книги напечатаны на хорошей бумаге крупным шрифтом.

Библиотека "Религия науки", благодаря своей чрезвычайно разумной цене, позволит разместить большое количество ценных книг в пределах досягаемости всех читателей.

В сериале уже появились следующие фильмы:

№ 1. *Религия науки*. Пол Карус. 25c.

2. *Три вводные лекции по науке мышления*. By F. Max Müller. 25c.

3. *Три лекции по науке о языке*. By F. Max Müller. 25c.

4. *Болезни личности*. Т. Рибо. 25c.

5. *Психология внимания*. Т. Рибо. 25c.

6. *Психическая жизнь микроорганизмов*. Альфред Бине. 25c.

7. *Природа государства*. Пол Карус. 15c.

8. *О двойном сознании*. Альфред Бине. 15c.

9. *Фундаментальные проблемы*. Пол Карус. 50c.

10. *Болезни воли*. Автор Т. Рибо. 25c.

11. *Происхождение языка*. Людвиг Нуар. 15c.

12. *Борьба за свободную торговлю в Англии*. М. М. Трамбулл. 25c.

13. *Тачка по трудовому вопросу*. М. М. Трамбулл. 35c.

14. *Евангелие от Будды*. Автор: Пол Карус. 35c.

15. *Основы философии*. Пол Карус. 25c.

16. *О памяти* и *специфических энергиях нервной системы*. Автор: Проф. Дж. Ewald Hering. 15c.

17. *Искупление Брахмана*. Повесть о жизни индуса. Ричард Гарбе. 25c.

18. *Исследование вейсманизма*. Г. Дж. Романес. 35c.

19. *О зародышевом отборе*. Автор Август Вайсман. 25c.

20. *Влюбленные три тысячи лет назад*. Т. А. Гудвин. 15c.

21. *Научно-популярные лекции*. Эрнст Мах. 50c.

22. *Древняя Индия: ее язык и религии*. Х. Ольденберг. 25c.

23. *Пророки Древнего Израиля*. Автор: профессор К. Х. Корнилл. 25c.

24. *Проповеди науки*. Автор: Пол Карус. 35c.

25. *Мысли о религии*. Дж. Дж. Романес. 50 центов.

26. *Философия Древней Индии*. Автор: Проф. Дж. Richard Garbe. 25c.

27. *Мартин Лютер*. Густав Фрейтаг. 25c.

28. *Английский секуляризм*. Джордж Джейкоб Холиоук. 25c.

29. *Об ортогенезе*. Т. Эймер. 25c.

30. *Китайская философия*. Пол Карус. 25c.

31. *Утраченная рукопись*. Густав Фрейтаг. 60c.

ИЗДАТЕЛЬСТВО "ОТКРЫТЫЙ СУД"

Дирборн-стрит, 324, Чикаго, Иллинойс
ЛОНДОН: Киган Пол, Тренч, Трюбнер и Ко

ОТКРЫТЫЙ СУД

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Посвящен науке о религии, Религии науки и распространению идеи Религиозного парламента.

ОТКРЫТЫЙ СУД понимает под религией не какое-либо вероучение или догматическую веру, а мировоззрение человека в той мере, в какой оно регулирует его поведение.

Старая догматическая концепция религии основана на науке прошлых веков; основывать религию на самой зрелой и верной мысли настоящего времени - вот цель *Открытого суда*. Таким образом, религия *Открытого суда* - это Религия Науки, то есть религия проверенной истины.

Хотя Открытый суд выступает против иррациональной ортодоксальности и узкого фанатизма, *он* не нападает на собственно религиозный элемент различных религий. Она непоколебимо, но без враждебности критикует их ошибки и стремится сохранить в них все истинное и хорошее.

Текущие номера *Открытого суда* содержат ценные оригинальные статьи, вышедшие из-под пера выдающихся мыслителей. Сделаны точные и авторизованные переводы философии, науки и критики из литературы Континентальной Европы, а также представлены обзоры заслуживающих внимания недавних исследований. Публикуются портреты выдающихся философов и ученых, а некоторые статьи сопровождаются соответствующими иллюстрациями.

Условия: 1,00 доллара в год; 1,35 доллара в другие страны Почтового союза. Единичные экземпляры - 10 центов.

МОНИСТ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ

ФИЛОСОФИЯ И НАУКА.

"МОНИСТ" обсуждает фундаментальные проблемы философии в их практическом отношении к религиозным, этическим и социологическим вопросам современности. Следующие авторы внесли свой вклад в его колонки:

- Проф. Joseph Le Conte,
- Доктор У. Т. Харрис,
- Доктор медицины Конвей,
- Чарльз С. Пирс,
- Prof. F. Max Müller,
- Профессор Э. Д. Коуп,

- Carus Sterne,
- Миссис К. Лэдд Франклин,
- Профессор. Макс Верворн,
- Профессор. Феликс Кляйн,
- Профессор Г. Дж. Романес,
- Профессор К. Ллойд Морган,
- Джеймс Салли,
- Б. Босанке,
- Доктор А. Бине,
- Проф. Ernst Mach,
- Раввин Эмиль Хирш,
- Лестер Ф. Уорд,
- Prof. H. Schubert,
- Доктор медицинских наук. Монтгомери,
- Профессор К. Ломброзо,
- Prof. E. Haeckel,
- Профессор Х. Хеффдинг,
- Доктор Ф. Освальд,
- Профессор Дж . Дельбуф,
- Профессор Ф. Йодль,
- Профессор Х. М. Стэнли,
- Дж. Ферреро,
- Дж. Венн,
- Prof. H. von Holst.

За экземпляр - 50 центов; ежегодно - 2,00 доллара. В Англии и всех странах США за экземпляр - 2 6долларов; ежегодно - 9 6долларов.

ЧИКАГО

ИЗДАТЕЛЬСТВО "ОТКРЫТЫЙ СУД",

Монон Билдинг, ул. Дирборн, 324,
ЛОНДОН: Киган Пол, Тренч, Трюбнер и Ко.

СНОСКИ:

[1] *Статистический эксперимент и теория жидкостей*, 1873. См. также *"Наука механики"*, стр. 384 и далее, Издательство Open Court Publishing Co., Чикаго, 1893.

[2] Сравните Маха, *с молекулярным движением во флуктуациях*, Отчеты Венской академии, 1862.

[3] Почти во всех хорошо разработанных областях физики такие задачи о максимуме и минимуме играют важную роль.

[4] Сравните Маха, *Обзор высшей психофизики*, Вена, 1863, стр. 41; *Сборник физических упражнений для медицины*, Вена, 1863, стр. 234; а также *Наука механики*, Чикаго, 1893, стр. 84 и 464.

[5] Подобные размышления встречаются в Кетле, *социальной системе*.

[6] Для полного развития этой идеи см. Эссе "Об экономической природе физического исследования", стр. 186, и главу "Экономика науки" в моей *механике* (Чикаго: издательство Open Court Publishing Company, 1893), стр. 481.

[7] Науку можно рассматривать как максимальную или минимальную проблему, точно так же, как бизнес продавца. На самом деле интеллектуальная деятельность при естественном исследовании не так уж сильно отличается от той, которая осуществляется в обычной жизни, как обычно предполагается.

[8] Этим экспериментом и связанными с ним размышлениями мы обязаны Галилею.

[9] Развитие теории музыкального слуха, отличающееся по многим пунктам от излагаемой здесь теории Гельмгольца, можно найти в моем *"Вкладе в анализ ощущений"* (английский перевод К. М. Уильямса), Чикаго, издательство Open Court Publishing Company, 1897.

[10] Совер также исходил из идеи Лейбница, но в результате независимых исследований пришел к другой теории, которая была очень близка к теории Гельмгольца. Сравните по этому поводу Совера, *Воспоминания Академии наук*, Париж, 1700-1705, и Р. Смита, *Гармоники*, Кембридж, 1749. (См. *Приложение*, стр. 346.)

[11] По словам г—на Жюля Андрие, идея о том, что природу нужно пытать, чтобы раскрыть ее секреты, сохранена в названии *crucible* - от латинского *crux*, крест. Но, что более вероятно, *crucible* происходит от какой-либо старофранцузской или тевтонской формы, такой как *cruche*, *kroes*, *krus* и т.д., горшок или кувшин (ср. современный английский *crock*, *cruse* и немецкий *Krug*).—*Пер*.

[12] Xenophon, Memorabilia iv, 7, puts into the mouth of Socrates these words: οὔτε γὰρ εὑρετὰ ἀνθρώποις αὐτὰ ἐνόμιζεν εἶ ναι, οὔτε χαρίζεσθαι θεοῖ ς ἂν ἡγεῖ το τὸν ζητοῦντα ἃ ἐκεῖ νοι σαφηνίσαι οὐκ ἐβουλήθησαν.

[13] Галилей, *Обсуждение математической теории*. Leyden, 1638. *Dialogo Primo*.

[14] Точно так же высота свистка локомотива выше, когда локомотив быстро приближается к наблюдателю, и ниже, когда он быстро удаляется от него, чем если бы локомотив находился в состоянии покоя.—*Пер*.

[15] Километр равен 0,621, или почти пяти восьмым установленной законом мили.

[16] Обратите также внимание на уважение, с которым колесо почитается в Индии, Японии и других буддийских странах как эмблема власти, порядка и закона, а также превосходства разума над материей. Сознание важности этого изобретения, по—видимому, долго сохранялось в умах этих народов.-*Тр*.

[17] Этот эффект особенно заметен в размерах рабочих на высоких дымовых трубах и церковных шпилях - "шпилевых домкратах". Когда тросы были перекинуты с башен Бруклинского моста (высота 277 футов), люди, которых послали в корзинах красить их, появились на широком фоне неба и воды, как мухи.—*Пер*.

[18] См. Joh. Müller, *Vergleichende Physiologie des Gesichtssinnes*, Leipsic, 1826.

[19] Поставлена перед немецким казино в Праге зимой 1871 года.

Более полное изложение проблем этой лекции можно найти в моих *"Вкладах в анализ ощущений"* (Йена, 1886), английский перевод, Чикаго, 1895. Ж. П. Соре, "*О восприятии красоты"* (Женева, 1892) также рассматривает повторение как принцип эстетики. Его рассуждения об *эстетической* стороне вопроса гораздо более подробны, чем мои. Но что касается психологической и физиологической основы этого принципа, я убежден, что *вклад в анализ ощущений* идет глубже.—Мах (1894).

[20] Кант в своих *"Пролегоменах об общей метафизике"*также ссылается на этот факт, но с другой целью.

[21] Compare Mach, *Fichte's Zeitschrift für Philosophie*, 1864, p. 1.

[22] Тот факт, что первый и второй дифференциальные коэффициенты кривой видны непосредственно, а более высокие коэффициенты - нет, объясняется очень просто. Первый задает положение касательной, отклонение прямой линии от положения симметрии, второй - отклонение кривой от прямой. Здесь, возможно, не лишним будет отметить, что обычный метод проверки линеек и плоских поверхностей (с помощью обратных приложений) устанавливает отклонение объекта от симметрии относительно самого себя.

[23] Смотрите лекцию *О причинах гармонии*.

[24] А. фон Эттинген, *Система гармонии в двойном переплетении*. Лейпциг и Дерпт, 1866 год.

[25] Сравните *теорию геоорганов Маха*, Венская академия, 1863.

[26] Лекция, прочитанная на Международной электротехнической выставке в Вене 4 сентября 1883 года.

[27] Если бы два тела были противоположно наэлектризованы, они бы притягивались друг к другу.

[28] Количество, которое вытекает, на самом деле меньше, чем *q*. Оно было бы равно количеству *q* только в том случае, если бы внутреннее покрытие банки было полностью покрыто внешним покрытием.

[29] Строго говоря, конечно, это неверно. Во-первых, следует отметить, что емкость *L* разряжается одновременно с электродом машины. Емкость *F*, с другой стороны, всегда

разряжается одновременно с внешним покрытием емкости *L*. Следовательно, если мы назовем емкость электрода машины*E*, емкость единичной емкости *L*, емкость внешнего покрытия *L*, *A*, и емкость основной емкости *F*, то для примера в тексте будет существовать следующее уравнение: $(F + A)/(L + E) = 5$. Причиной дальнейшего отклонения от абсолютной точности является остаточный заряд.

[30] С учетом поправок, указанных в предыдущей сноске, я получил для диэлектрической проницаемости серы число 3.2, которое практически согласуется с результатами, полученными более тонкими методами. Для достижения максимально достижимой точности необходимо обязательно погрузить две пластины конденсатора сначала полностью в воздух, а затем полностью в серу, если соотношение емкостей должно соответствовать диэлектрической проницаемости. На самом деле, однако, ошибка, возникающая из-за простой установки пластины серы, которая точно заполняет пространство между двумя пластинами, не имеет значения.

[31] Поскольку это определение в его простой форме может вызвать недопонимание, к нему обычно добавляются пояснения. Ясно, что мы не можем поднять количество электроэнергии до *K*, не изменяя распределение на*K* и потенциал на *K*. Следовательно, заряды на *K* должны рассматриваться как фиксированные, и их величина настолько мала, что это не приводит к заметным изменениям. Принимая затраченную таким образом работу во столько раз, во сколько рассматриваемое небольшое количество содержится в единице количества, мы получим потенциал. Потенциал тела *K* может быть кратко и точно определен следующим образом: если мы затратим элемент работы dW на то, чтобы поднять элемент положительной величины dQ от земли к проводнику, потенциал проводника *K* будет равен $V = dW/dQ$.

[32] В этой статье солидус или косая черта используется для обычного дробного знака деления. Там, где в числителе или знаменателе встречаются знаки плюс или минус, используются квадратные скобки или винклюм.—*Tr.*

[33] Между понятиями тепловой и электрической мощности существует своего рода согласие, но также следует тщательно учитывать разницу между двумя идеями. Теплоемкость тела зависит исключительно от самого этого тела. На электрическую емкость тела *K* влияют все тела, находящиеся поблизости от него, поскольку заряд этих тел способен изменять потенциал *K*. Следовательно, чтобы придать однозначное значение понятию емкости (*C*) тела *K*, *C* определяется как отношение Q/V для тела*K* при определенном заданном положении всех соседних тел и при соединении всех соседних проводников с землей. На практике ситуация намного проще. На емкость, например, банки, внутреннее покрытие которой почти скрыто ее внешним покрытием, сообщающимся с землей, не оказывают заметного влияния заряженные или незаряженные соседние проводники.

[34] Эти формулы легко следуют из теоремы Ньютона о том, что однородная сферическая оболочка, элементы которой подчиняются закону обратных квадратов, не оказывает никакого воздействия на точки внутри нее, но действует на точки снаружи, как если бы вся масса была сосредоточена в ее центре. Приведенные далее формулы также вытекают из этого предложения.

[35] Энергия сферы радиуса *r*, заряженной величиной *q*, равна $1/2(q^2/r)$. При увеличении радиуса на расстояние dr происходит потеря энергии, и выполненная работа составляет

$1/2(q^2/r^2)dr$. Позволяя p обозначать равномерное электрическое давление на единицу поверхности сферы, проделанная работа также равна $4r^2\pi pdr$. Следовательно, $p = (1/8r^2\pi)(q^2/r^2)$. Подвергнутая одинаковому поверхностному давлению со всех сторон, скажем, в жидкости, наша полусфера была бы равновесной. Следовательно, мы должны заставить давление p воздействовать на поверхность большого круга, чтобы получить эффект на баланс, который равен $r^2\pi p = 1/8(q^2/r^2) = 1/8V^2$.

[36] Описанное устройство по ряду причин не подходит для фактического измерения потенциала. Абсолютный электрометр Thomson основан на оригинальной модификации электрических весов Харриса и Вольты. Из двух больших плоскопараллельных пластин одна сообщается с землей, в то время как другая подведена к измеряемому потенциалу. Небольшая подвижная поверхностная часть f этого последнего подвешивается к весам для определения силы притяжения P. При расстоянии пластин друг от друга, равном D, получаем $V = D\sqrt{(8\pi P/f)}$.

[37] Этот момент кручения нуждается в дополнительной коррекции из-за вертикального электрического притяжения возбужденных дисков. Это делается путем изменения веса диска с помощью дополнительных утяжелителей и повторного считывания углов отклонения.

[38] Банка в нашем эксперименте действует как аккумулятор, заряжаемый динамо-машиной. Соотношение, которое получается между затраченной и доступной работой, можно понять из следующего простого изложения. Машина Хольца H (рис. 40) заряжает единичную банку L, которая после n разрядов количества q и потенциала v заряжает банку F количеством Q при потенциале V. Энергия разрядов единичного сосуда теряется, и остается только энергия F сосуда. Следовательно, отношение доступной работы к общей затраченной работе равно

$\frac{1}{2}QV/[\frac{1}{2}QV + (n/2)qv]$ и поскольку $Q = nq$, также $V/(V + v)$.

Если теперь мы не вставляем единичную ячейку, все равно части машины и проводящие провода сами по себе фактически являются такими единичными ячейками, и формула все еще остается в силе$V/(V + \Sigma v)$, в которой Σv представляет сумму всех последовательно вводимых разностей потенциалов в цепи подключения.

[39] Опубликовано в т. 5, № I, из *"Мониста"*, октябрь 1894 г., частично представляющий собой переработку трактата "*Об эрхальтунгах искусства"*, Прага, 1872г.

[40] *О материи, живой силе и теплоте*, Джоуль: *Научные статьи*, Лондон, 1884, I, стр. 265.

[41] "Atqui hoc si sit, globorum series sive corona eundem situm cum priore habebit, eademque de causa octo globi sinistri ponderosiores erunt sex dextris, ideoque rursus octo illi descendent, sex illi ascendent, istique globi ex sese *continuum et aeternum motum efficient, quod est falsum*."

[42] "A igitur, (si ullo modo per naturam fieri possit) locum sibi tributum non servato, ac delabatur in *D*; quibus positis aqua quae ipsi *A* succedit eandem ob causam deffluet in *D*, eademque ab alia istinc expelletur, atque adeo aqua haec (cum ubique eadem ratio sit)*motum instituet perpetuum, quod absurdum fuerit*."

[43] "Accipio, gradus velocitatis ejusdem mobilis super diversas planorum inclinationes acquisitos tunc esse aequales, cum eorundum planorum elevationes aequales sint."

[44] "Voi molto probabilmente discorrete, ma oltre al veri simile voglio con una esperienza crescer tanto la probabilità, che poco gli manchi all'agguagliarsi ad una ben necessaria dimostrazione. Figuratevi questo foglio essere una parete eretta all'orizzonte, e da un chiodo fitto in essa pendere una palla di piombo d'un'oncia, o due, sospesa dal sottil filo *AB* lungo due, o tre braccia perpendicolare all'orizzonte, e nella parete segnate una linea orizontale *DC* segante a squadra il perpendicolo *AB*, il quale sia lontano dalla parete due dita in circa, trasferendo poi il filo *AB* colla palla in *AC*, lasciata essa palla in libertà, la quale primieramente vedrete scendere descrivendo l'arco*CBD*, e di tanto trapassare il termine *B*, che scorrendo per l'arco *BD* sormonterà fino quasi alla segnata parallela *CD*, restando di per vernirvi per piccolissimo intervallo, toltogli il precisamente arrivarvi dall'impedimento dell'aria, e del filo. Dal che possiamo veracemente concludere, che l'impeto acquistato nel punto*B* dalla palla nello scendere per l'arco *CB*, fu tanto, che bastò a risospingersi per un simile arco *BD* alla medesima altezza; fatta, e più volte reiterata cotale esperienza, voglio, che fiechiamo nella parete rasente al perpendicolo *AB* un chiodo come in *E*, ovvero in *F*, che sporga in fuori cinque, o sei dita, e questo acciocchè il filo *AC* tornando come prima a riportar la palla *C* per l'arco *CB*, giunta che ella sia in *B*, inoppando il filo nel chiodo *E*, sia costretta a camminare per la circonferenza *BG* descritta in torno al centro *E*, dal che vedremo quello, che potrà far quel medesimo impeto, che dianzi concepizo nel medesimo termine*B*, sospinse l'istesso mobile per l'arco *ED* all'altezza dell'orizzonale *CD*. Ora, Signori, voi vedrete con gusto condursi la palla all'orizzontale nel punto *G*, e l'istesso accadere, l'intoppo si metesse più basso, come in *F*, dove la palla descriverebbe l'arco*BJ*, terminando sempre la sua salita precisamente nella linea *CD*, e quando l'intoppe del chiodo fusse tanto basso, che l'avanzo del filo sotto di lui non arivasse all'altezza di *CD* (il che accaderebbe, quando fusse più vicino al punto *B*, che al segamento dell' *AB* coll'orizzontale *CD*), allora il filo cavalcherebbe il chiodo, e segli avolgerebbe intorno. Questa esperienza non lascia luogo di dubitare della verità del supposto: imperocchè essendo li due archi *CB*, *DB* equali e similmento posti, l'acquisto di momento fatto per la scesa nell'arco *CB*, è il medesimo, che il fatto per la scesa dell'arco *DB*; ma il momento acquistato in *B* per l'arco *CB* è potente a risospingere in su il medesimo mobile per l'arco *BD*; adunque anco il momento acquistato nella scesa*DB* è eguale a quello, che sospigne l'istesso mobile pel medesimo arco da *B* in *D*, sicche universal-mente ogni memento acquistato per la scesa d'un arco è eguale a quello, che può far risalire l'istesso mobile pel medesimo arco: ma i momenti tutti che fanno resalire per tutti gli archi*BD*, *BG*, *BJ* sono eguali, poichè son fatti dal istesso medesimo momento acquistato per la scesa *CB*, come mostra l'esperienza: adunque tutti i momenti, che si acquistano per le scese negli archi *DB*, *GB*, *JB* sono eguali."

[45] "Constat jam, quod mobile ex quiete in *A* descendens per *AB*, gradus acquirit velocitatis juxta temporis ipsius incrementum: gradum vero in *B* esse maximum acquisitorum, et suapte natura immutabiliter impressum, sublatis scilicet causis accelerationis novae, aut retardationis: accelerationis inquam, si adhuc super extenso plano ulterius progrederetur; retardationis vero, dum super planum acclive *BC* fit reflexio: in horizontali autem *GH* aequabilis motus juxta gradum velocitatis ex *A* in *B* acquisitae in infinitum extenderetur."

[46] "Si gravitas non esset, neque aër motui corporum officeret, unumquodque eorum, acceptum semel motum continuaturum velocitate aequabili, secundum lineam rectam."

[47] "Si pondera quotlibet, vi gravitatis suae, moveri incipiant; non posse centrum gravitatis ex ipsis compositae altius, quam ubi incipiente motu reperiebatur, ascendere.

"Ipsa vero hypothesis nostra quominus scrupulum moveat, nihil aliud sibi velle ostendemus, quam, quod nemo unquam negavit, gravia nempe sursum non ferri.—Et sane, si hac eadem uti scirent novorum operum machinatores, qui motum perpetuum irrito conatu moliuntur, facile suos ipsi errores deprehenderent, intelligerentque rem eam mechanica ratione haud quaquam possibilem esse."

[48] "Si pendulum e pluribus ponderibus compositum, atque e quiete dimissum, partem quamcunque oscillationis integrae confecerit, atque inde porro intelligantur pondera ejus singula, relicto communi vinculo, celeritates acquisitas sursum convertere, ac quousque possunt ascendere; hoc facto centrum gravitatis ex omnibus compositae, ad eandem altitudinem reversum erit, quam ante inceptam oscillationem obtinebat."

[49] "Notato autem hic illud staticum axioma etiam locum habere:

"Ut spatium agentis ad spatium patientis
Sic potentia patientis ad potentiam agentis."

[50] "Cependant, comme dans cet ouvrage on ne fut d'abord attentif qu'à considérer ce beau développement de la mécanique qui semblait sortir tout entière d'une seule et même formule, on crut naturellement que la science etait faite, et qu'il ne restait plus qu'à chercher la démonstration du principe des vitesses virtuelles. Mais cette recherche ramena toutes les difficultés qu'on avait franchies par le principe même. Cette loi si générale, où se mêlent des idées vagues et étrangères de mouvements infinement petits et de perturbation d'équilibre, ne fit en quelque sorte que s'obsurcir à l'examen; et le livre de Lagrange n'offrant plus alors rien de clair que la marche des calculs, on vit bien que les nuages n'avaient paru levé sur le cours de la mécanique que parcequ'ils étaient, pour ainsi dire, rassemblés à l'origine même do cette science.

"Une démonstration générale du principe des vitesses virtuelles devait au fond revenir a établir le mécanique entière sur une autre base: car la demonstration d'une loi qui embrasse toute une science ne peut être autre chose qua la reduction de cette science à une autre loi aussi générale, mais évidente, ou du moins plus simple que la première, et qui partant la rende inutile."

[51] *Трактат о люмьере*, Лейден, 1690, стр. 2.

[52] "L'on ne sçaurait douter que la lumière ne consiste dans le *mouvement* de certaine matière. Car soit qu'on regarde sa production, on trouve qu'içy sur la terre c'est principalement le feu et la flamme qui l'engendrent, lesquels contient sans doute des corps qui sont dans un mouvement rapide, puis qu'ils dissolvent et fondent plusieurs autres corps des plus solides: soit qu'on regarde ses effets, on voit que quand la lumière est ramasseé, comme par des miroires concaves, elle a la vertu de brûler comme le feu. c-est-à-dire qu'elle desunit les parties des corps; ce qui marque assurément du *mouvement*, au moins dans la *vraye Philosophie*, dans laquelle on conçoit la cause de tous les effets naturels par des raisons de *mechanique*. Ce qu'il faut faire à mon avis, ou bien renoncer à tout espérance de jamais rien comprendre dans la Physique."

[53] *О могуществе матери дю фе*. (Париж, 1824.)

[54] "On objectra peut-être ici que le mouvement perpétuel, démontré impossible par les *seules actions mécaniques*, ne l'est peut-être pas lorsqu'on emploie l'influence soit de la *chaleur*, soit de

l'électricité; mais pent-on concevoir les phénomènes de la chaleur et de l'électricité comme dus à autre chose qu'à des *mouvements quelconques des corps* et comme tels ne doivent-ils pas être soumis aux lois générales de la mécanique?"

[55] Под этим подразумевается температура по шкале Цельсия, ноль которой на 273° ниже точки плавления льда.

[56] Я впервые обратил внимание на этот факт в моем трактате *"Об эрхальтунгах искусства"*, Прага, 1872. До этого Цойнер указывал на аналогию между механической и тепловой энергией. Я дал более обширное развитие этой идее в сообщении для *Sitzungsberichte der Wiener Академии*, декабрь 1892 г., озаглавленном "*Описание и критика учения Карно о вермахте"*. Сравните также работы Поппера (1884), Хелма (1887), Вронского (1888) и Оствальда (1892).

[57] Сэр Уильям Томсон впервые сознательно и намеренно ввел (1848, 1851) *механическую* меру температуры, аналогичную электрической мере потенциала.

[58] Сравните мой *анализ ощущений*, Йена, 1886: английский перевод, Чикаго, 1897.

[59] Представляется весьма желательной лучшая терминология вместо обычной, вводящей в заблуждение. Сэр Уильям Томсон (1852), по-видимому, чувствовал эту потребность, и это было ясно выражено Ф. Вальдом (1889). Мы должны были бы назвать работу, соответствующую исчезнувшему количеству тепла, его механической стоимостью замещения; в то время как та работа, которая может быть *фактически* выполнена при переходе от теплового состояния *A* к состоянию *B*, сама по себе заслуживает названия *энергетической ценности* этого изменения состояния. Таким образом, была бы сохранена *произвольная* содержательная концепция процессов и предотвращены ошибочные представления.

[60] Обращение, произнесенное перед юбилейным собранием Императорской академии наук в Вене 25 мая 1882 г.

[61] *Первобытная культура*.

[62] Тайлор, *официальный сайт*

[63] *Essai philosophique sur les probabilités*. 6-е изд. Париж, 1840, стр. 4. В этой формулировке отсутствует необходимое рассмотрение начальных скоростей.

[64] *Принцип Виртшафтслехре*, Вена, 1873.

[65] Из этого ясно, что все так называемые элементарные (дифференциальные) законы предполагают отношение к целому.

[66] Если кто—то возразит, что в случае возмущений скорости вращения земли мы могли бы ощущать такие возмущения и, будучи обязаны иметь некоторую меру времени, мы должны были бы прибегнуть к периоду колебаний волн натриевого света, - все, что это показало бы, это то, что по практическим соображениям мы должны выбрать то событие, которое наилучшим образом служило нам в качестве *простейшего* общего показателя других.

[67] Измерение, по сути, представляет собой определение одного явления с помощью другого (стандартного) явления.

[68] Я представлял здесь точку зрения, которой придерживался более тридцати лет, и развивал ее в различных работах (*Erhaltung der Arbeit*, 1872, части которой опубликованы в статье о *сохранении энергии* в этом сборнике; *"Формы жидкостей"*, 1872, также опубликованной в этом сборнике; и "*Bewegungsempfindungen"*, 1875). Эта идея, хотя и известна философам, незнакома большинству физиков. Поэтому я глубоко сожалею, что название и автор небольшого трактата, который во многих деталях соответствовал моим взглядам и который, я помню, мельком видел в очень напряженный период (1879-1880), настолько полностью стерлись из моей памяти, что все попытки найти ключ к ним до сих пор были бесплодными.

[69] Инаугурационная речь, произнесенная при вступлении в должность ректора Пражского университета, 18 октября 1883г.

Идея, представленная в этом эссе, не является ни новой, ни отдаленной. Я сам несколько раз касался этого вопроса (впервые в 1867 году), но никогда не делал его предметом официального обсуждения. Несомненно, другие тоже относились к этому; это, так сказать, витает в воздухе. Однако, поскольку многие из моих иллюстраций были хорошо приняты, хотя и были известны лишь в несовершенном виде из самой лекции и газет, я, вопреки своему первоначальному намерению, решил опубликовать их. В мои намерения не входит вторгаться здесь в область биологии. Мои заявления следует воспринимать просто как выражение того факта, что никто не может избежать влияния великой и далеко идущей идеи.

[70] На первый взгляд очевидное противоречие возникает из признания как наследственности, так и адаптации; и несомненно верно, что сильная предрасположенность к наследственности исключает большую способность к адаптации. Но представьте себе организм как пластичную массу, которая сохраняет форму, переданную ей прежними воздействиями, до тех пор, пока новые воздействия не изменят ее; *одно* свойство *пластичности* будет тогда представлять способность к адаптации, а также силу наследственности. Аналогично этому обстоит дело со стержнем из намагниченной стали с высокой коэрцитивной силой: сталь сохраняет свои магнитные свойства до тех пор, пока новая сила не вытеснит их. Возьмем также тело в движении: тело сохраняет скорость, приобретенную в течение (*унаследованную* от) только что прошедшего промежутка времени, за исключением того, что в следующий момент она будет изменена ускоряющей силой. В случае движущегося тела на *изменение* скорости (*Abänderung*) смотрели как на нечто само собой разумеющееся, в то время как открытие принципа*инерции* (или постоянства) вызвало удивление; в случае Дарвина, напротив, *наследственность* (или постоянство) считалась само собой разумеющейся, в то время как принцип *изменчивости* (*Abänderung*) казался новым.

К полностью адекватным взглядам, конечно, можно прийти только путем изучения исходных фактов, подчеркнутых Дарвином, а не этих аналогий. Пример, касающийся движения, если я не ошибаюсь, я впервые услышал в разговоре от моего друга Дж. Поппера, эсквайра из Вены.

Многие исследователи рассматривают стабильность вида как нечто устоявшееся и противопоставляют ей теорию Дарвина. Но стабильность вида сама по себе является "теорией". Существенные изменения, которые претерпевают взгляды Дарвина, также будут видны из работ Уоллеса [и Вейсмана], но более конкретно из книги У. Х. Рольфа "*Биологическая проблема"*, Лейпциг, 1882. К сожалению, этого последнего талантливого исследователя больше нет в живых.

[71] Написано в 1883 году.

[72] См. Pfaundler, *Pogg. Ann., Jubelband*, стр. 182.

[73] Посмотрите прекрасные обсуждения этого пункта в книге Геринга "*Память как общая функция организованной материи"* (1870), Чикаго, Издательство Open Court Publishing Co., 1887. Compare also Dubois, *Ueber die Uebung*, Berlin, 1881.

[74] Спенсер, *Принципы психологии*. Лондон, 1872.

[75] Смотрите статью *Скорость света*, стр. 63.

[76] Я хорошо знаю, что стремление ограничиться в естественных исследованиях *фактами* часто осуждается как преувеличенный страх перед метафизическими призраками. Но я хотел бы заметить, что, судя по тому злу, которое они причинили, метафизические привидения из всех привидений наименее сказочны. Нельзя отрицать, что многие формы мышления изначально не были приобретены индивидом, но были заранее сформированы или, скорее, подготовлены к развитию вида каким-то образом, как предполагали Спенсер, Геккель, Геринг и другие, и как я сам неоднократно намекал.

[77] Compare, for example, *Schiller, Zerstreute Betrachtungen über verschiedene ästhetische Gegenstände*.

[78] Мы не должны обманываться, воображая, что счастье других людей не является очень значительной и существенной частью нашего собственного. Это общий капитал, который не может быть создан отдельным человеком и который не погибает вместе с ним. Формальная и материальная ограниченность *эго* необходима и достаточна только для самых грубых практических целей и не может существовать в рамках широкой концепции. Человечество в целом можно сравнить с растением-полипом. Материальные и органические узы индивидуального союза действительно были разорваны; они бы только препятствовали свободе передвижения и эволюции. Но конечная цель, психическая связь целого, была достигнута в гораздо большей степени благодаря более богатому развитию, ставшему таким образом возможным.

[79] C. E. von Baer, the subsequent opponent of Darwin and Haeckel, has discussed in two beautiful addresses (*Das allgemeinste Gesetz der Natur in aller Entwickelung*, and *Welche Auffassung der lebenden Natur ist die richtige, und wie ist diese Auffassung auf die Entomologie anzuwenden*?) узость взгляда, который рассматривает животное в его существующем состоянии как законченное, вместо того, чтобы рассматривать его как фазу в ряду эволюционных форм и рассматривать сам вид как фазу развития животного мира в целом.

[80] Речь, произнесенная перед Генеральной сессией Немецкой ассоциации естествоиспытателей и врачей в Вене 24 сентября 1894 г.

[81] Вступительная лекция, прочитанная при вступлении в должность профессора истории и теории индуктивной науки в Венском университете, 21 октября 1895г.

[82] The phrase is, *Er hat das Pulver nicht erfunden*.

[83] "Quod si quis tanta industria exstitisset, ut ex naturae principiis at geometria hanc rem eruere potuisset, eum ego supra mortalium sortem ingenio valuisse dicendum crederem. Sed hoc tantum abest, ut fortuito reperti artificii rationem non adhuc satis explicari potuerint viri doctissimi."—Hugenii Dioptrica (de telescopiis).

[84] Не следует понимать меня так, что огненная муштра не играла никакой роли в поклонении огню или солнцу.

[85] Сравните по этому поводу чрезвычайно интересные замечания доктора Пола Каруса в его "*Философии инструмента"*, Чикаго, 1893.

[86] Möbius, *Naturwissenschaftlicher Verein für Schleswig-Holstein*, Kiel, 1893, p. 113 et seq.

[87] Я обязан этим наблюдением профессору Хэтчеку.

[88] Ср. Hoppe, *Entdecken und Finden*, 1870.

[89] Смотрите лекцию "Ощущения ориентации", стр. 282 и далее.

[90] Эту историю мне рассказал Джолли, и впоследствии она была повторена в письме от него.

[91] Я не знаю, была ли "Академия интриганов" Свифта в Лагадо, в которой великие открытия и изобретения делались с помощью своего рода словесной игры в кости, задумана как сатира на метод Фрэнсиса Бэкона делать открытия с помощью огромных синоптических таблиц, составленных переписчиками. Это, конечно, не было бы ошибкой.

[92] "Crescunt disciplinae lente tardeque; по разным причинам серьезные ошибки подтверждаются достоверно. Omnia praeparata esse debent diuturno et assiduo labore ad introitum veritatis novae. Jam illa certo temporis momento divina quadam necessitate coacta emerget."

Quoted by Simony, *In ein ringförmiges Band einen Knoten zu machen*, Vienna, 1881, p. 41.

[93] A lecture delivered on February 24, 1897, before the *Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien*.

[94] Волластон, *Философские труды, Королевское общество*, 1810. В том же месте Волластон также описывает и объясняет скрип мышц. Недавно мое внимание привлекла к этой работе доктор В. Пашелес. —Ср. также Пуркинье,*Prager medicin*. *Jahrbücher*, Bd. 6, Wien, 1820.

[95] Аналогичным образом многие внешние силы действуют не сразу на все части земли, а внутренние силы, вызывающие деформации, сначала действуют немедленно только на ограниченные части. Если бы земля была чувствующим существом, приливы и другие земные события вызывали бы у нее ощущения, сходные с ощущениями наших движений. Возможно, небольшие изменения высоты полюса, которые в настоящее время изучаются, связаны с постоянными небольшими деформациями центрального эллипсоида, вызванными сейсмическими явлениями.

[96] Для популярного объяснения бессознательным выводом вопрос чрезвычайно прост. Мы рассматриваем железнодорожный вагон как вертикальный и бессознательно делаем вывод о наклоне деревьев. Конечно, противоположный вывод о том, что мы рассматриваем деревья как

вертикальные и делаем вывод о наклоне каретки, к сожалению, столь же очевиден из этой теории.

[97] Следует отметить, что мой способ мышления и экспериментов здесь связан с тем, что привело Найта к открытию и исследованию геотропизма растений. *Философские труды*, 9 января 1806 г. Отношения между геотропизмом растений и животных были совсем недавно исследованы Дж. Лебом.

[98] Этот эксперимент, несомненно, связан с гальванотропным экспериментом с личинками лягушек, описанным десять лет спустя Л. Германном. Сравните по этому поводу мои замечания в *Anzeiger der Wiener Akademie*, 1886, № 21. Недавние эксперименты по гальванотропизму принадлежат Дж. Лебу.

[99] *Wiener Akad.*, 6 November, 1873.

[100] *Wiener Gesellschaft der Aerzte*, 14 November, 1874.

[101] Я внес свой вклад в этот последний вопрос в моем *Анализе ощущений*(1886), английский перевод, 1897.

[102] В моем *Справочнике по истории Бевегунгсемпфиндунгена*, 1875 г., вопрос, занимающий строки с 4 по 13 страницы 20 снизу и основанный на ошибке, как я также отмечал в другом месте, подлежит вычеркиванию. Для другого эксперимента, связанного с экспериментом Фуко, сравните мою*механику*, стр. 303.

[103] *Anzeiger der Wiener Akad.*, 30 December, 1875.

[104] Эксперимент был особенно интересен для меня, поскольку я уже пытался в 1874 году, хотя и с очень небольшой уверенностью и безуспешно, электромагнитно возбудить свой собственный лабиринт, через который я пропустил ток.

[105] Возможно, здесь вспомнят дискуссию о том, почему кошки всегда припадают на лапы, которая несколько лет назад занимала Парижскую академию и, кстати, парижское общество. Я полагаю, что возникшие вопросы разрешаются соображениями, выдвинутыми в моем *Bewegungsempfindungen* (1875). Я также частично привел, еще в 1866 году, аппарат, задуманный парижскими учеными для иллюстрации рассматриваемых явлений. Одна трудность осталась нетронутой в парижских дебатах. Отолитовый аппарат кошки не может оказать ей никакой услуги при *свободном* спуске. Однако кошка, находясь в состоянии покоя, несомненно, знает свое положение в пространстве и инстинктивно осознает количество движений, которые поставят ее на ноги.

[106] Смотрите Приложение к английскому изданию моего *анализа ощущений*, Чикаго, 1897.

[107] Сравните мой *анализ ощущений*, стр. 123 и далее.

[108] E. H. Weber, *De aure et auditu hominis et animalium*, Lipsiae, 1820.

[109] Стеренсен, *Журнал. Anat. Phys.*, Лондон, том 29 (1895).

[110] Лекция, прочитанная 10 ноября 1897 года.

[111] Кристиансен, *"Аннален" Видемана*, XXIII. S. 298, XXIV., стр. 439 (1884-1885).

[112] Немецкая фраза - *Schlierenmethode*, под этим термином метод известен даже американским физикам. По-английски это также называется "теневой метод". Но необходим термин, который охватывал бы все производные, и поэтому мы в качестве альтернативы использовали слова "*полосатый*" и "*дифференциальный*". Этимология *шлирена*, казалось бы, неопределенна. Его нынешнее использование происходит от его технологического значения в производстве стекла, где под *die Schlieren* подразумеваются волнистые прожилки и дефекты стекла. Отсюда его применение к методу обнаружения небольших оптических *различий* и неисправностей в целом. Профессор Крю из Эванстона предлагает переводчику, что *schlieren* может быть связано с нашим *slur* (Л. Г., *slüren* — тащиться, волочиться), предположение, которое, несомненно, верно и согласуется как со значением *schlieren*, данным в больших немецких словарях, так и с непереходным использованием нашего собственного глагола *slur*, рассматриваемые ошибки понимаются как "следы", "штрихи" и т.д. -*Пер*.

[113] Обращение, произнесенное перед съездом делегатов немецкого Realschulmänner Verein в Дортмунде 16 апреля 1886 года. Полное название обращения гласит: "Об относительной образовательной ценности классических и математико-физических наук в колледжах и средних школах".

Хотя многое содержалось в выступлении, с которым я должен был выступить на собрании естествоиспытателей в Зальцбурге в 1881 году (отложенном из-за Парижской выставки), и во Введении к курсу лекций "Физическое воспитание в подготовительных школах", который я прочитал в 1883 году, приглашение немецкого Realschulmänner Verein предоставило мне первую возможность изложить свои взгляды на этот предмет широкому кругу читателей. Из-за места и обстоятельств публикации мои замечания, конечно, в первую очередь применимы только к немецким школам, но, с небольшими изменениями, внесенными в этот перевод, имеют силу и для учебных заведений других стран. Выражая здесь сильное личное убеждение, сформировавшееся давным-давно, я испытываю глубокое удовлетворение, обнаружив, что они во многих моментах совпадают со взглядами, недавно выдвинутыми в независимой форме Паульсеном (*Книга желаний унтеррихтов*, Лейпциг, 1885) и Фрари (*Латинский вопрос*, Париж, Серф, 1885).). Я не стремлюсь здесь сказать много нового, а просто хочу внести свою лепту в осуществление неизбежной революции, которая сейчас готовится в мире начального обучения. По мнению опытных педагогов, первым результатом этой революции будет попеременное введение греческого языка и математики в качестве факультативных предметов в старших классах немецкой гимназии и в соответствующих учебных заведениях других стран, как это было сделано в великолепной системе обучения в Дании. Таким образом, разрыв между немецкой классической гимназией и немецкой реальной гимназией или между классическими и научными школами в целом может быть преодолен, и оставшиеся неизбежные преобразования будут завершены в относительной тишине и спокойствии. (Прага, май 1886 г.)

[114] Мопертюи, *ŒUvres*, Дрезден, 1752, стр. 339.

[115] F. Paulsen, *Geschichte des gelehrten Unterrichts*, Leipsic, 1885.

[116] Своеобразная ирония судьбы заключается в том факте, что в то время, как Лейбниц искал новое средство универсального лингвистического общения, латинский язык, который все еще

лучше всего служил этой цели, все больше и больше выходил из употребления, и сам Лейбниц не в последнюю очередь способствовал этому результату.

[117] Как правило, человеческий мозг слишком сильно и ошибочно перегружен вещами, которые было бы удобнее и точнее сохранить в книгах, где их можно было бы найти в любой момент. В недавнем письме ко мне из Дюссельдорфа судья Хартвич пишет:

"Существует множество слов, которые совершенно не похожи на латинские или греческие, но все же используются с совершенной корректностью людьми с хорошим образованием, которым никогда не посчастливилось изучать древние языки. Например, такие слова, как "династия". ... Ребенок усваивает такие слова как части обычного словарного запаса или даже как части своего родного языка, точно так же, как он усваивает слова "отец", "мать", "хлеб", "молоко". Знает ли обычный смертный этимологию этих саксонских слов? Разве не потребовалось почти невероятное усердие братьев Гримм и других тевтонских филологов, чтобы пролить хоть малейший проблеск света на происхождение и развитие нашего собственного родного языка? Кроме того, разве тысячи людей с так называемым классическим образованием не употребляют ежеминутно множество слов иностранного происхождения, происхождения которых они не знают? Очень немногие из них считают, что стоит искать такие слова в словарях, хотя им нравится утверждать, что люди должны изучать древние языки только ради этимологии ".

[118] Находясь вдали от юридической профессии, я не осмелился бы заявить, что изучение греческого языка не является необходимым для юристов; однако этой точки зрения придерживались в дебатах, последовавших за этой лекцией, профессиональные юристы высокого ранга. Согласно этому мнению, подготовительное образование, полученное в немецкой реальной гимназии, также было бы достаточным для будущих юристов и недостаточным только для теологов и филологов. [В Англии и Америке не только греческий не нужен, но и юридическая латынь настолько своеобразна, что даже люди с *хорошим* классическим образованием не могут ее понять.-*Тр.*]

[119] Подчеркивая здесь слабые стороны трудов Платона и Аристотеля, которые привлекли мое внимание при чтении их в немецких переводах, я, конечно, не собираюсь недооценивать великие заслуги и высокое историческое значение этих двух людей. Их важность не должна измеряться тем фактом, что наша спекулятивная философия все еще в значительной степени движется по их путям мышления. Более вероятный вывод состоит в том, что эта отрасль достигла очень незначительного прогресса за последние две тысячи лет. Естественная наука также веками была запутана в сетях аристотелевской мысли и обязана своим возникновением главным образом тому, что сбросила эти оковы.

[120] Я ни на минуту не стал бы утверждать, что мы получаем точно такую же выгоду от чтения греческого автора в переводе, как и от чтения его в оригинале; но разница, превышение выгоды во втором случае, как мне кажется, и, вероятно, будет казаться большинству людей, не являющихся профессиональными филологами, слишком дорогой ценой за восемь лет драгоценного времени.

[121] "Искушение, - пишет судья Хартвич, - считать "вкус" древних столь возвышенным и непревзойденным, как мне кажется, имеет свое главное происхождение в том факте, что древние были непревзойденными в изображении обнаженной натуры. Во-первых, своей

неустанной заботой о человеческом теле они создавали великолепные модели; а во-вторых, в своих спортивных залах и на своих спортивных играх они постоянно имели эти модели перед глазами. Неудивительно, что их статуи до сих пор вызывают наше восхищение! Что касается формы, то идеал человеческого тела не изменился на протяжении веков. Но с интеллектуальными вопросами дело обстоит совершенно иначе; они меняются от века к веку, нет, от десятилетия к десятилетию. Сейчас очень естественно, что люди бессознательно применяют то, что таким образом так легко увидеть, а именно произведения скульптуры, как универсальный критерий высокоразвитого вкуса древних — ошибочность, от которой людей, по моему мнению, нельзя слишком строго предостерегать ".

[122] Английский: "В начале Бог сотворил небо и землю. И земля была бесформенной и пустой; и тьма была на лице бездны. И дух Божий пронесся над поверхностью вод". — Голландский: "В этом начинается Божественный путь в будущее. De aarde nu was woest en ledig, en duisternis was op den afgrond; en de Geest Gods zwefde op de wateren."—Danish: "I Begyndelsen skabte Gud Himmelen og Jorden. Og Jorden var ode og tom, og der var morkt ovenover Afgrunden, og Guds Aand svoevede ovenover Vandene."—Swedish: "I begynnelsen skapade Gud Himmel och Jord. Och Jorden war öde och tom, och mörker war pä djupet, och Gods Ande swäfde öfwer wattnet."—German: "Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde. Und die Erde war wüst und leer, und es war finster auf der Tiefe; und der Geist Gottes schwebte auf dem Wasser."

[123] Сравните превосходные замечания Герцена, *О вторичном правлении в романской Швейцарии*, Лозанна, 1886.

[124] *Руководство по математике*, Лейпциг, 1874.

[125] *Геометрический анализ*, Ульм, 1886.

[126] В его учебниках элементарной математики

[127] *Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik*, Würzburg, 1883.

[128] Моя идея здесь - подходящая подборка показаний Галилея, Гюйгенса, Ньютона и т.д. Выбор настолько прост, что не может быть и речи о трудностях. Содержание будет обсуждаться со студентами, и с ними будут проведены оригинальные эксперименты. Это обучение в высших классах должны получать только те ученые, которые не надеялись на систематическое обучение физическим наукам. Я не впервые выдвигаю здесь это предложение о реформе. Более того, я не сомневаюсь, что такие радикальные изменения будут вводиться лишь постепенно.

[129] *Die Mathematik als Lehrgegenstand des Gymnasiums*, Берлин, 1883.

[130] Как бы неправильно ни было обременять будущих врачей и ученых греческим ради теологов и филологов, было бы столь же неправильно заставлять теологов и филологов ради врачей изучать такие предметы, как аналитическая геометрия. Более того, я не могу поверить, что незнание аналитической геометрии было бы серьезным препятствием для врача, который в остальном хорошо разбирался в количественном мышлении. Никаких особых преимуществ, как правило, не наблюдается у выпускников австрийских гимназий, все из которых изучали аналитическую геометрию. [Ссылается на утверждение Дюбуа-Реймона.]

[131] Сравните М. Кантора, *Основные положения математики*, Лейпциг, 1880, том I. стр. 193.

[132] Сравните Paulsen, *l. c.*, стр. 607, 688.

[133] Остается надеяться, что американцы будут ревностно охранять свои школы и университеты от влияния государства.

[134] Эта статья, опубликованная в "Трудах Немецкого математического общества в Праге" за 1892 год, печатается в качестве дополнения к статье "Причины гармонии" на странице 32.

[135] Настоящее изложение взято из томов за 1700 год (опубликован в 1703 году) и за 1701 год (опубликован в 1704 году), а также частично из *Истории Академии* и частично из *Воспоминаний*. Более поздние работы Совера здесь рассматриваются в меньшей степени.

[136] Эйлер, *"Начало новой теории музыки"*, Петрополи, 1739.

[137] В попытке провести свой эксперимент с битами перед Академией Совер не совсем преуспел. *Histoire de l'Académie*, Année 1700, p. 136.

[138] *История академии*, Année 1701, стр. 134.

[139] *Там же.*, стр. 298.

[140] *Histoire de l'Académie*, Année 1702, p. 91.

[141] Из *Истории академии*, Année 1700, стр. 139.

[142] Потому что все октавы, используемые в музыке, имеют слишком большие различия в частоте вибрации.

[143] "Les battemens ne plaisent pas à l'Oreille, à cause de l'inégalité du son, et l'on peut croire avec beaucoup d'apparence que ce qui rend les Octaves si agréables, c'est qu'on n'y entend jamais de battemens.

"En suivant cette idée, on trouve que les accords dont on ne peut entendre les battemens, sont justement ceux que les Musiciens traitent de Consonances, et que ceux dont les battemens se font sentir, sont les Dissonances, et que quand un accord est Dissonance dans une certaine octave et Consonance dans une autre, c'est qu'il bat dans l'une, et qu'il ne batpas dans l'autre. Aussi est il traité de Consonance imparfaite. Il est fort aisé par les principes de Mr. Sauveur qu'on a établis ici, de voir quels accords battent, et dans quelles Octaves au-dessus on au-dessous du son fixe. Si cette hypothèse est vraye, elle découvrira la véritable source des Règles de la composition, inconnue jusqu'à présent à la Philosophie, qui s'en remettait presque entièrement au jugement de l'Oreille. Ces sortes de jugemens naturels, quelque bisarres qu'ils paroissent quelquefois, ne le sont point, ils ont des causes très réelles, dont la connaissance appartient à la Philosophie, pourvue qu'elle s'en puisse mettre en possession."

[144] *Гармоника, или Философия музыкальных звуков*, Кембридж, 1749. Я увидел эту книгу лишь вскользь в 1864 году и обратил на нее внимание в работе, опубликованной в 1866 году. По-настоящему он попал в мое распоряжение только три года назад, и только тогда я узнал его точное содержание.

[145] *Гармоники*, стр. 118 и 243.

[146] "Короткий цикл" - это период, в течение которого повторяются одни и те же фазы двух взаимодействующих тонов.

[147] Эта статья, призванная исторически проиллюстрировать, что "О симметрии" на странице 89 впервые появилась в "*Духе философии" Фихте*за 1865 год.

[148] Сост. Cornelius, *Ueber das Sehen*; Wundt, *Theorie der Sinneswahrnehmung*.

[149] Сост. Mach, *Ueber das Sehen von Lagen and Winkeln*. *Sitzungsb. der Wiener Akademie*, 1861.

[150] Сост. Mach, *Zur Theorie des Gehörorgans*. *Sitsungsber, der Wiener Akad.*, 1863.—*Ueber einige Erscheinungen der physiolog. Akustik. Там же.*, 1864.